

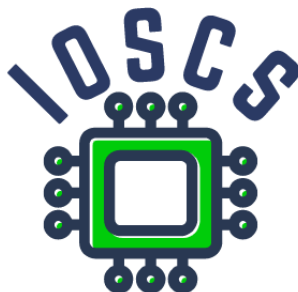
Project: Innovative Open Source Courses for Computer Science

Bezprzewodowe przetwarzanie sygnałów w środowisku GNU Radio Prezentacje

**Wojciech Sałabun
West Pomeranian University of Technology in Szczecin**

30.05.2021

Innovative Open Source Courses for Computer Science



This teaching material was written as one of the outputs of the project “Innovative Open Source Courses for Computer Science”, funded by the Erasmus+ grant no. 2019-1-PL01-KA203-065564. The project is coordinated by West Pomeranian University of Technology in Szczecin (Poland) and is implemented in partnership with Mendel University in Brno (Czech Republic) and University of Žilina (Slovak Republic). The project implementation timeline is September 2019 to December 2022.

Project information

Project was implemented under the Erasmus+.

Project name: **“Innovative Open Source courses for Computer Science curriculum”**

Project nr: **2019-1-PL01-KA203-065564**

Key Action: **KA2 – Cooperation for innovation and the exchange of good practices**

Action Type: **KA203 – Strategic Partnerships for higher education**

Consortium

ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNE

ZILINSKA UNIVERZITA V ZILINE

Erasmus+ Disclaimer

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Copyright Notice

This content was created by the IOSCS consortium: 2019–2022. The content is Copyrighted and distributed under Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0).



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Wprowadzenie do systemów bezprzewodowych

Project: Innovative Open Source Courses for Computer
Science

30.05.2021

Spis treści

Podstawowe definicje

Transmisja danych

Tor komunikacyjny

Fale radiowe

- Właściwości fal radiowych

- Zastosowania fal radiowych

Wady i zalety komunikacji bezprzewodowej

Bluetooth

Podstawowe definicje

Sygnał

Sygnał może być reprezentowany w dwóch dziedzinach

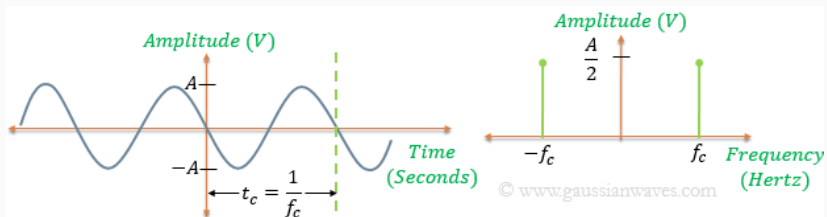
- Dziedzina czasu

$$f(t) = A \sin(\omega t + \theta) \quad (1)$$

- Dziedzina częstotliwości

$$x(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft) \quad (2)$$

Podstawowe definicje ii



Rysunek 1: Sygnał w dziedzinie częstotliwości [5].

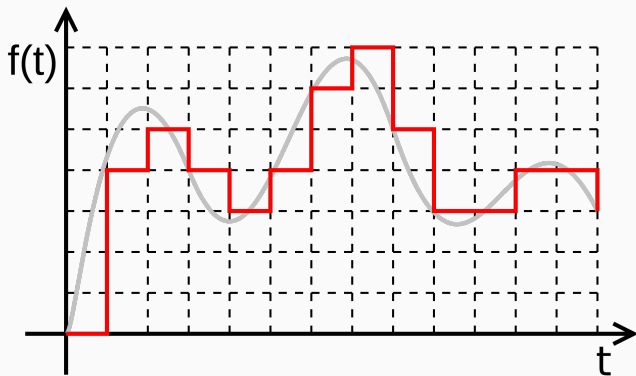
- **Źródło** - generuje wiadomość, którą może być głos ludzki, obraz telewizyjny czy dźwięk z głośników. Źródło jest przekształcane przez przetwornik wejściowy w postaci fali elektromagnetycznej zwanej sygnałem pasma podstawowego lub sygnałem informacyjnym
- **Nadajnik** - modyfikuje sygnał pasma podstawowego w celu efektywnej transmisji. Zazwyczaj składa się z jednego lub więcej podsystemów: samplera, kwantyzatora, kodera i modulatora

- **Kanał** - jest to medium, przez które przesyłany jest sygnał wyjściowy z nadajnika. Może to być przewód, kabel koncentryczny, światłowód, łącze radiowe itp. Ze względu na rodzaj kanału, nowoczesne systemy komunikacyjne są podzielone na dwie kategorie: systemy komunikacji przewodowej i systemy komunikacji bezprzewodowej.
- **Odbiornik** - ponownie przetwarza sygnał otrzymany z kanału poprzez cofnięcie modyfikacji sygnału dokonanych w nadajniku i kanale. Zadaniem odbiornika jest wyodrębnienie wiadomości z zniekształconego i zaszumionego sygnału na wyjściu kanału. Odbiornik może składać się z demodulatora, dekodera, czy filtra

Wiadomości mogą być reprezentowane jako

- **Analogowe** - charakteryzują się danymi, których wartości zmieniają się w ciągłym zakresie. Na przykład, przebieg mowy ma amplitudę, która zmienia się w ciągłym zakresie. Obraz jest również komunikatem analogowym.
- **Cyfrowe** - są zbudowane z ograniczonej liczby symboli. Na przykład, plik tekstowy jest cyfrową wiadomością zbudowaną z 80 symboli, składa się z 26 liter, 20 cyfr, spacji i znaków interpunkcyjnych. Analogicznie, telegraficzny kod Morse'a jest wiadomością binarną, zawierającą tylko dwa symbole - znaki i spację.

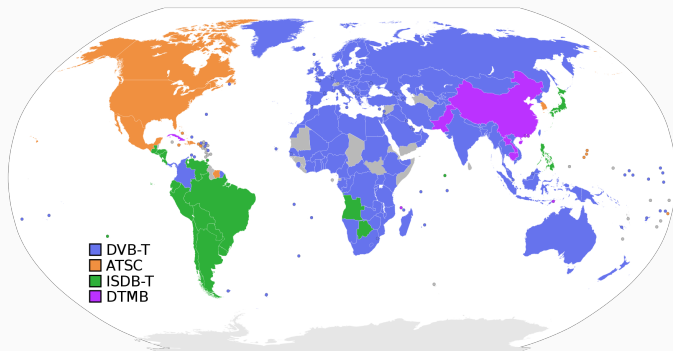
Podstawowe definicje vi



Rysunek 2: Sygnał cyfrowy i analogowy [4].

- **Transmisja** – proces przesyłania danych pomiędzy nadajnikiem, a odbiornikiem za pomocą określonej metody, która jest zrozumiała dla obu stron. Dodatkowo przebiega po ustalonej trasie – w tym przypadku medium transmisyjnym
- **Medium transmisyjne** – nośnik informacji używany do transmisji sygnałów w telekomunikacji. Parametry użytego medium mają wpływ na jego możliwości i zastosowania. Dwie główne grupy to media przewodowe i bezprzewodowe

- **Telekomunikacja** – dziedzina zajmująca się transmisją informacji na odległość, określaniem sposobów przetwarzania i kodowania informacji. Obejmuje również zagadnienia sieci telekomunikacyjnych, propagacje fal radiowych czy sprzętu telekomunikacyjnego



Rysunek 3: Wykorzystywane rodzaje telekomunikacji telewizyjnej na świecie [6].

Transmisja danych

- Kanał komunikacyjny pozwala na transmisję danych pomiędzy dwoma uczestnikami zestawionego połączenia
- Podział medium ze względu na rodzaj wykorzystywanej transmisji:
 - Przewodowe – bazuje na rozwiązaniach oparte o przewody optyczne lub przewody miedziane
 - Bezprzewodowe – do transmisji używa fal radiowych lub świetlnych

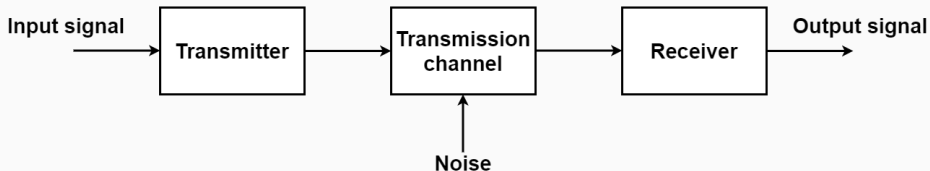
- Transmisję można podzielić ze względu na charakter przesyłania danych:
 - Simplex – w jednym kierunku
 - Half-duplex – dwukierunkowa niejednoczesna
 - Full-duplex – dwukierunkowa jednoczesna

Tor komunikacyjny

- Praca systemu transmisyjnego przebiega przez:
 - Nadajnik - po stronie nadawcy, odpowiedzialny za kodowanie, modulację, wzmocnienie sygnału
 - Fizyczny kanał transmisji
 - Odbiornik – po stronie odbiorcy, odpowiedzialny za wzmocnienie, demodulację i dekodowanie sygnału w celu odtworzenia oryginalnej wiadomości
- Należy pamiętać, że w trakcie przesyłania sygnału, wiadomość jest podatna na zakłócenia pochodzące ze środowiska zewnętrznego wpływającego na zniekształcenia (szumy, zakłócenia)

Tor komunikacyjny ii

Uproszczony schemat toru komunikacyjnego, uwzględniający elementy występujące w transmisji danych



Rysunek 4: Schemat toru komunikacyjnego.

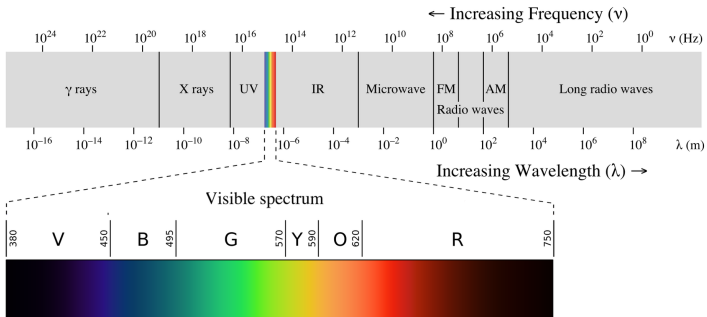
Fale radiowe

- **Fale radiowe** – inaczej fale elektromagnetyczne – zjawisko to polega na rozchodzeniu się zaburzenia pola elektrycznego i skojarzonego z nim pola magnetycznego
- Występowanie fal radiowych można zauważyć w próżni lub w innym ośrodku

Rodzaj	Długość	Częstotliwość
Fale radiowe	30 km	10 kHz
Mikrofale	30 cm	1 GHz
Podczerwień	1 mm	300 GHz
Światło widzialne	750 nm	400 THz
Ultrafiolet	430 nm	700 THz
Rentgen	10 nm	30 PHz
Gamma	10 pm	30 EHz

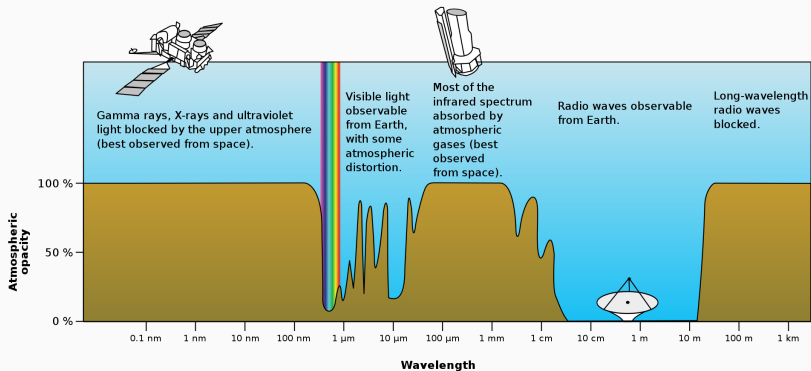
Tabela 1: Częstotliwości fal elektromagnetycznych

Fale radiowe iii



Rysunek 5: Spektrum elektromagnetyczne światła widzialnego [7].

Fale radiowe iv



Rysunek 6: Wykres absorpcji i rozpraszania fal [7].

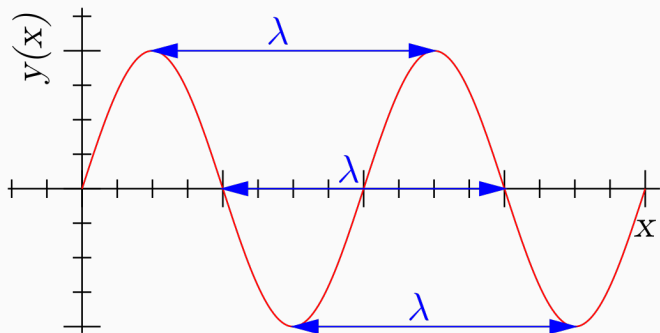
Właściwości fal radiowych i

- **Długość fali** – to minimalna odległość pomiędzy dwoma punktami o tej samej fazie drgań

$$\lambda = c \cdot T \quad (3)$$

- gdzie
 - λ - długość fali [m]
 - c - prędkość światła (299 792 458 $\frac{m}{s}$)
 - T - okres [s]

Właściwości fal radiowych ii



Rysunek 7: Długość fali [1].

- **Częstotliwość fali** – określa liczbę pełnych zmian pola elektrycznego i magnetycznego przypadających na jedną sekundę, jest wyrażana w hercach

$$f = \frac{1}{T} \quad (4)$$

- gdzie
 - f - częstotliwość [Hz]
 - T - okres fali [s]

- **Okres zmienności fali** – czas niezbędny do powrotu tej samej fazy fali

$$T = \frac{1}{f} \quad (5)$$

- gdzie
 - T - okres fali [s]
 - f - częstotliwość [Hz]

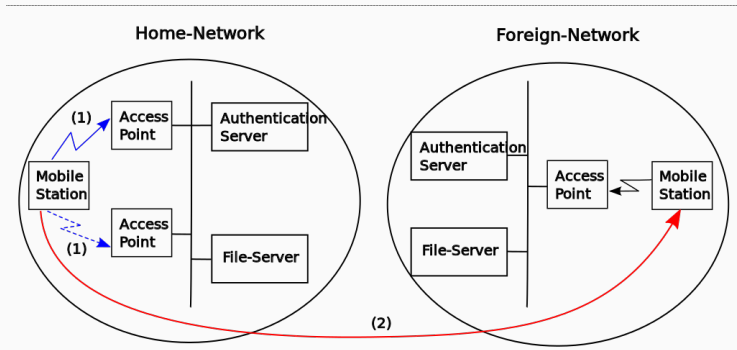
Zastosowania fal radiowych i

- Fale elektromagnetyczne
 - Ultrafiolet
 - Podczerwień
 - Światło widzialne
 - Częstotliwości radiowe
- Fale dźwiękowe
- Sygnały satelitarne
- Komunikacja bezprzewodowa w zakresie częstotliwości od 3 Hz do 3 THz

Transmisja z wykorzystaniem fal radiowych:

- Systemy wbudowane
 - Rozproszone
 - Zbiór niezależnych urządzeń połączonych w jedną logiczną całość
 - Elementami sieci najczęściej są komputery i systemy automatyki
 - Urządzenia wyposażone w oprogramowanie współdzielące zasoby systemowe
 - Połączenie między urządzeniami realizowane za pomocą sieci komputerowych
 - Sterowane zdalnie
 - Systemy RC - Remote Control
 - Działanie bazuje na sterowaniu jednostką z miejsca odległego fizycznie
 - Sterownik i jednostka wykonawcza wyposażone w nadajnik i odbiornik
 - Często wykorzystywane przy zabawkach, dronach, kamerach

- Telefonia komórkowa GSM
- Sieci bezprzewodowe WLAN (Wireless Local Area Network)
- Komunikacja bezprzewodowa krótkiego zasięgu
- Sieci WWAN (Wireless Wide Area Network) – od 100 metrów do kilkunastu kilometrów zasięgu



Rysunek 8: Przesył sygnału w sieciach WLAN [3].

Rodzaje wykorzystywanych częstotliwości

- Mikrofale > 300 MHz
- Ultrakrótkie 30 - 300 MHz
- Krótkie 3 - 30 MHz
- Pośrednie 1.5 - 3 MHz
- Średnie 100 - 1500 kHz
- Długie 15 - 100 kHz
- Bardzo długie < 15 kHz

Pasma	Częstotliwość	Długość fali
ELF	3 - 30 Hz	100,000 - 10,00 km
SLF	30 - 300 Hz	10,000 - 1,000 km
ULF	0.3 - 3 kHz	1,000 - 100 km
VLF	3 - 30 kHz	100 - 10 km
LF	30 - 300 kHz	10 - 1 km
MF	300 - 3000 kHz	1000 - 100 m

Tabela 2: Zależność częstotliwościowa

Pasmo	Częstotliwość	Długość fali
HF	3 - 30 MHz	100 - 10 m
VHF	30 - 300 MHz	10 - 1 m
UHF	300 - 3000 MHz	100 - 10 cm
SHF	3 - 30 GHz	10 - 1 cm
EHF	30 - 300 GHz	10 - 1 mm
THF	0,3 - 3 THz	1 - 0.1 mm

Tabela 3: Zależność częstotliwościowa

Pasma **2.4 GHz** jest wykorzystywane przez wiele urządzeń, jedna z popularniejszych częstotliwości

- Standard Bluetooth
- Sieci Wi-Fi
- Kuchenki mikrofalowe
- Kamery wideo
- Urządzenia monitorujące
- Telefony bezprzewodowe

Wady i zalety komunikacji bezprzewodowej

Wady i zalety komunikacji bezprzewodowej i

Wady:

- Ograniczenia przepustowości ze względu na szerokość pasma
- Podatność na zakłócenia
- Zależność od warunków pogodowych
- Bezpieczeństwo
- Wykorzystywane pasma często są współdzielone

Zalety:

- Elastyczność
- Mobilność
- Brak fizycznego przewodu medium transmisyjnego

Bluetooth

Podczerwień

- Standard obejmuje transmisję danych na odległość < 1 metr
- Trzy rodzaje transmisji
 - AIR – umożliwia połączenie wielodostępowe, szybkość transmisji zależy od odległości przesyłanych danych
 - IrDA-D – standard służący do transmisji danych, dostępne szybkości od 115 kbps do 4Mbps
 - IrDA-C – dwukierunkowy, umożliwia przesyłanie komend sterujących i sygnałów, używany w urządzeniach peryferyjnych

Bluetooth

- Pozwala na bezprzewodowe podłączenie urządzeń peryferyjnych do telefonów komórkowych i komputerów
- Technologia przeznaczona głównie do komunikacji krótkiej
- Niskie koszty produkcji
- Standard opisany w specyfikacji IEEE 802.15.1
- Korzysta z fal radiowych w paśmie częstotliwości ISM 2.4 GHz

Źródła

- 1 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Wavelength>
- 2 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Oscillation>
- 3 - https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_LAN
- 4 - https://pl.wikipedia.org/wiki/Sygna%C5%82_cyfrowy
- 5 - <https://www.gaussianwaves.com/2013/12/computation-of-power-of-a-signal-in-matlab-simulation-and-verification/>
- 6 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Telecommunication>
- 7 - https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_radiation

Dziękuję za uwagę 😊



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Propagacja fal radiowych i techniki antenowe

Project: Innovative Open Source Courses for Computer
Science

30.05.2021

Podstawowe definicje

Propagacja fal radiowych

Zjawiska towarzyszące propagacji fal radiowych

Techniki antenowe

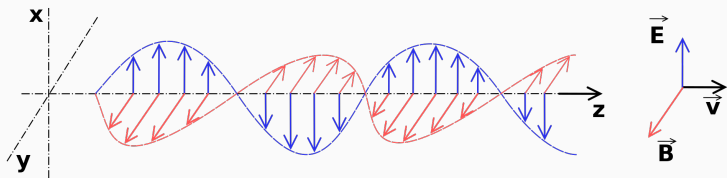
Parametry anten

Podstawowe definicje

Fale

- Fala radiowa – jedna z wielu form promieniowania elektromagnetycznego
- Fala elektromagnetyczna – nośnik energii elektrycznej

Podstawowe definicje ii



Rysunek 1: Fala elektromagnetyczna [3].

- **Polaryzacja** - właściwość fali poprzecznej, dotycząca uporządkowanej relacji między kierunkiem oscylacji zaburzenia, a kierunkiem rozchodzenia się fali.
- Polaryzacją nazywa się również proces osiągnięcia określonego stanu polaryzacji.
- Rodzaje polaryzacji
 - Liniowa
 - Kołowa
 - Eliptyczna
 - Radialna
 - Azymutalna

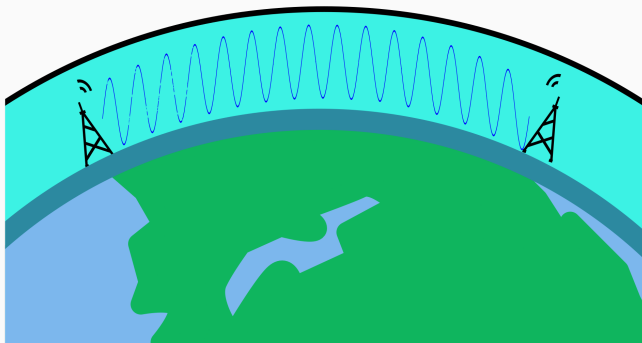
- Występuje dla takich rodzajów fal i takich warunków, w których oscylacje mogą odbywać się w różnych kierunkach prostopadłych do kierunku rozchodzenia się fali.

Propagacja fal radiowych

Propagacja fal radiowych jest to pojęcie określające rozprzestrzenianie się fal radiowych, które zależy od właściwości fali takich jak częstotliwość lub polaryzacja, jak i warunków w środowisku, w którym fala ta się rozchodzi.

Podobnie jak fale świetlne, fale radiowe podlegają zjawiskom

- odbicia
- załamania
- dyfrakcji
- absorpcji
- polaryzacji
- rozpraszania



Rysunek 2: Propagacja sygnału w przestrzeni [6].

Zrozumienie wpływu zmiennych warunków na propagację fal radiowych ma wiele praktycznych zastosowań, od wyboru częstotliwości dla międzynarodowych nadawców krótkofalowych, przez projektowanie niezawodnych systemów telefonii komórkowej, po radionawigację i działanie systemów radarowych.

Propagacja fal radiowych v

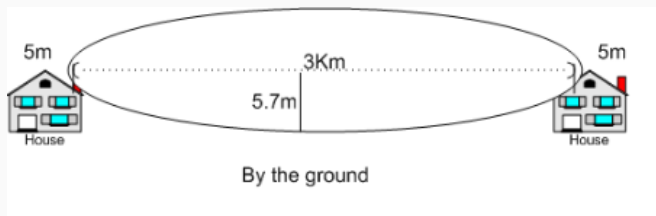
W praktycznych systemach transmisji radiowej stosuje się kilka różnych rodzajów propagacji.

- Propagacja na linii wzroku oznacza fale radiowe, które poruszają się w linii prostej od anteny nadawczej do anteny odbiorczej. Wykorzystywana do transmisji radiowej na średnie odległości, takiej jak telefony komórkowe, telefony bezprzewodowe, walkie-talkie, sieci bezprzewodowe, radio FM, transmisja telewizyjna, radar i komunikacja satelitarna (np. telewizja satelitarna)
- Transmisja w zasięgu wzroku na powierzchni Ziemi jest ograniczona do odległości do horyzontu wzrokowego, która zależy od wysokości anten nadawczych i odbiorczych. Stanowi jedyną metodę propagacji możliwą do realizacji na częstotliwościach mikrofalowych i wyższych

Strefa Fresnela - jest to obszar, w którym utrzymuje się pewien poziom energii

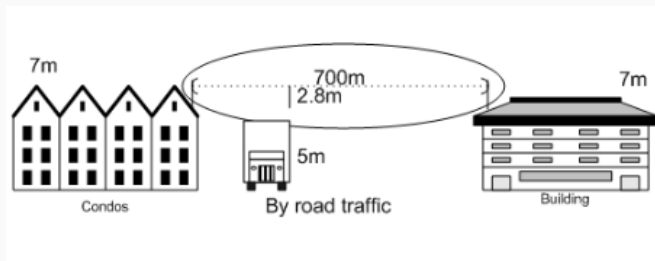
- Określa obszar pomiędzy i wokół nadajnika i odbiornika
- Przestrzeń ta przyjmuje kształt elipsoidalny
- Fala pierwotna podróżuje po względnej linii prostej od nadajnika do odbiornika
- Jeśli pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem znajdują się przeszkody lub obiekty odbijające, fale mogą docierać do odbiornika z różnym przesunięciem fazowym

Propagacja fal radiowych vii



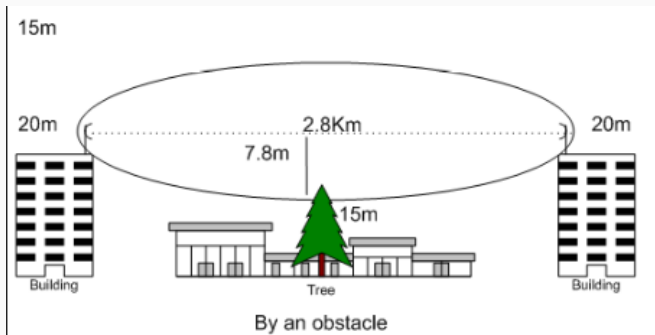
Rysunek 3: Propagacja sygnału w przestrzeni [1].

Propagacja fal radiowych viii



Rysunek 4: Propagacja sygnału w przestrzeni [1].

Propagacja fal radiowych ix



Rysunek 5: Propagacja sygnału w przestrzeni [1].

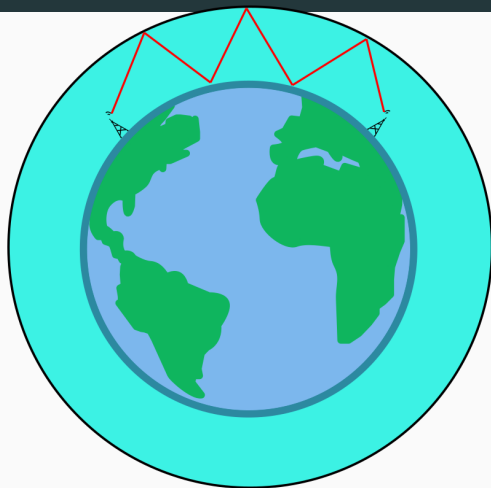
- Celem wszystkich systemów telekomunikacyjnych jest przekazanie informacji przez ośrodek propagacji fal. Do takich ośrodków zaliczyć można:
 - Atmosfera
 - Woda
 - Wnętrze Ziemi
 - Kabel miedziany
 - Światłowód

- Transmisja, odbiór, odtwarzanie sygnałów zależą od układu konstrukcji urządzeń przeznaczonych do ich realizacji. W przypadku propagacji fal radiowych, warunki rozprzestrzeniania sygnału są zależne od wielu czynników, na które nie mamy wpływu

- Większość przesyłanych sygnałów rozprzestrzenianych jest w atmosferze, która jest podstawowym ośrodkiem rozchodzenia się fal radiowych
- Zaledwie w nielicznych przypadkach fale propagowane są w swobodnej przestrzeni okołoziemskiej
- Z punktu widzenia radionawigacji i radiokomunikacji, istotnymi warstwami w atmosferze są troposfera i jonosfera, które rozdzielone są stratosferą

- **Troposfera** – rozciąga się od powierzchni Ziemi do wysokości 10-18 kilometrów w zależności od szerokości geograficznej. Propagacja fal w tej przestrzeni jest silnie uzależniona od zjawisk meteorologicznych, które mogą wpływać na występowanie szumów w sygnale.

- **Jonosfera** – obejmuje obszary powyżej 60 kilometrów nad Ziemią. Fale radiowe głównie odbijają się od jonosfery, a ich przejście przez tę warstwę uzależnione jest od długości fal i kąta ich padania na powierzchnię jonosfery. Kontakt z obiektami w przestrzeni kosmicznej możliwy jest dzięki wykorzystaniu tak zwanych okien radiowych, umożliwiających propagowanie sygnału na duże odległości



Rysunek 6: Propagacja sygnału fali długiej w przestrzeni [6].

Zjawiska towarzyszące propagacji fal radiowych

Zjawiska towarzyszące propagacji fal radiowych i

- Odbicie fal od powierzchni Ziemi (refrakcja)
- Odbicie fal w troposferze
- Uginanie fal nad powierzchnia Ziemi (dyfrakcja)
- Pochłanianie fal w atmosferze

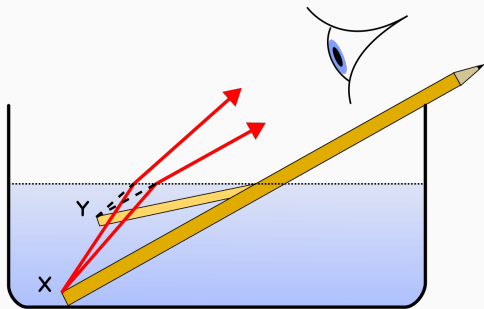
Zjawiska towarzyszące propagacji fal radiowych ii

- Refrakcja – występuje na granicy dwóch ośrodków o różnych parametrach przenikalności
 - Współczynnik załamania można wyrazić za pomocą

$$N = \frac{c}{v} \quad (1)$$

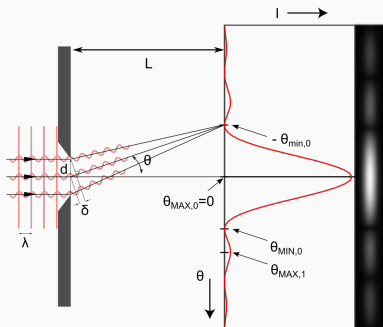
- gdzie
 - N - współczynnik załamania światła
 - c - prędkość światła w próżni $[\frac{m}{s}]$
 - v - prędkość światła w danym ośrodku $[\frac{m}{s}]$
- Dyfrakcja – powstaje pod wpływem natrafienia fali na przeszkodę, im mniejsze wymiary przeszkody w stosunku do długości fali, tym większa wartość dyfrakcji

Zjawiska towarzyszące propagacji fal radiowych iii



Rysunek 7: Refrakcja [7].

Zjawiska towarzyszące propagacji fal radiowych iv



Rysunek 8: Dyfrakcja [8].

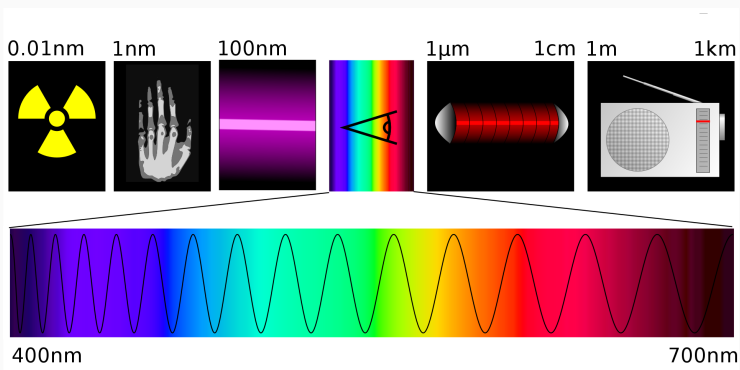
Rodzaje propagacji fal w zależności od częstotliwości

Ze względu na częstotliwości fal rozchodzących się w przestrzeni, można podzielić je na 4 główne rodzaje

Rodzaj	Częstotliwość	Długość fali
Fale długie	30 - 300 KHz	10 km - 1km
Fale średnie	300 KHz - 3 MHz	1 km - 100 m
Fale krótkie	3 - 30 MHz	100 m - 10 m
Fale ultrakrótkie	30 MHz - 300 MHz	10 m - 1 m

Tabela 1: Rodzaje fal elektromagnetycznych

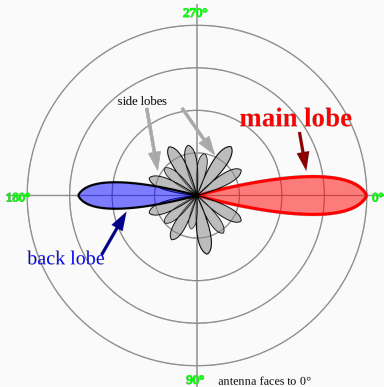
Zjawiska towarzyszące propagacji fal radiowych vi



Rysunek 9: Fale elektromagnetyczne [3].

Techniki antenowe

- Pierwsza antena została opatentowana przez japońskich naukowców w roku 1940
- Zadaniem anten jest zamiana sygnału elektromagnetycznego na elektryczny i odwrotnie



Rysunek 10: Charakterystyka promieniowania anteny [2].

- Antena dookólna
 - Fale rozchodzą się jednakowym natężeniem w każdym kierunku w obrębie jednej płaszczyzny
 - Maksymalny spadek mocy jest nie mniejszy niż 3 dB
 - Ze względu na swoją charakterystykę nadają się do zastosowań mobilnych
- Antena kierunkowa
 - Promieniuje prawie całą moc w jednym wskazanym kierunku
 - Kształt charakterystyki jest przeważnie szpilkowy
 - Szerokość wiązki na poziomie połowy kąta mocy wynosi od kilku do kilkunastu stopni

- Podział anten
- Ze względu na kierunkowość
 - Dookólna
 - Kierunkowe
- Ze względu na sprzężenie ze składową pola elektromagnetycznego
 - Elektryczne
 - Magnetyczne

Parametry anten i

- Powierzchnia skuteczna A_s [m^2] – hipotetyczna, efektywna powierzchnia odbioru sygnału radiowego
- Zysk kierunkowy D [dBi] – stosunek gęstości mocy promieniowanej na danym kierunku do średniej gęstości mocy
- Zysk energetyczny G [dBi] – iloczyn zysku kierunkowego i sprawności energetycznej anteny

$$G = \eta_A \cdot D \tag{2}$$
$$\eta_A \approx 95\% - 98\%$$

- Kąt połowy mocy $2\Theta_{3dB}$ – kąt poza którym moc sygnału spada o 3dB poniżej mocy maksymalnej

- **Bilans łącza** - porównanie mocy sygnału po stronie nadawczej radiolinii z mocą sygnału docierającego do jej strony odbiorczej z uwzględnieniem strat w kanale komunikacyjnym
- Wskazuje, w jaki sposób dobrać komponenty łącza, by moc odbieranego sygnału była odpowiednio większa od czułości odbiornika

Źródła

- 1 - https://en.wikipedia.org/wiki/Fresnel_zone
- 2 - [https://en.wikipedia.org/wiki/Antenna_\(radio\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Antenna_(radio))
- 3 - https://pl.wikipedia.org/wiki/Promieniowanie_elektromagnetyczne
- 4 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Wavelength>
- 5 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Oscillation>
- 6 - https://en.wikipedia.org/wiki/Radio_propagation
- 7 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Refraction>
- 8 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Diffraction>

Dziękuję za uwagę 😊



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Konwersja analogowo-cyfrowa i cyfrowo-analogowa

Project: Innovative Open Source Courses for Computer
Science

30.05.2021

Podstawowe definicje

Przetwornik analogowo-cyfrowy

Próbkowanie

Kwantyzacja

Kodowanie

Schemat przebiegu konwersji A/C

Przetwornik cyfrowo-analogowy

Podstawowe definicje

Podstawowe definicje i

Podstawowe parametry torów transmisyjnych

- **Szerokość pasma** (Hz) - Przydatność pasma, różnica pomiędzy górną i dolną częstotliwością pasma
- **Przepływność** (przepustowość) - wyrażana w bitach na sekundę, ile bitów należy przesać na sekundę przez konkretne medium transmisyjne
- **Maksymalna teoretyczna przepływność** - prawo Shannona

$$P = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (1)$$

- gdzie
 - B - szerokość pasma
 - S - moc sygnału
 - N - moc szum

- **Skuteczność widmowa** - jak wiele bitów można przesłać w zadanej częstotliwości
- **Pojemność toru transmisyjnego** - iloczyn przepływności binarnej i odległości między regeneratorami
- **Stopa błędu** - wierność informacji transmitowanej przez tor
- **Efektywność transmisji** - stosunek liczby bitów informacyjnych do całkowitej liczby bitów

- **Próbkowanie** - pobieranie próbek sygnału w określonych odstępach czasu
- **Kwantyzacja** - zapis zarejestrowanych próbek w postaci dyskretnej
- **Kodowanie** - przypisanie bitowych wartości do próbek po kwantyzacji

- **Przetwornik** – urządzenie dokonujące przekształcenia danej wielkości na pewną inną wielkość według określonego sposobu. Cechują się małymi gabarytami, małym poborem mocy, szerokim zakresem pomiaru.
- Ze względu na rodzaj zastosowania można wyróżnić:
 - Przetworniki analogowo-cyfrowe
 - Przetworniki cyfrowo- analogowe

Przetwornik analogowo-cyfrowy

Przetwornik analogowo-cyfrowy (A/C)

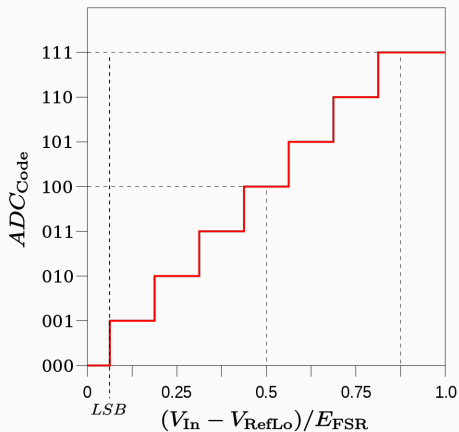
- Jego zadaniem jest zamiana sygnału analogowego (ciągłego) na odpowiadającą mu reprezentację cyfrową (sygnału cyfrowego)
- Używany w wielu urządzeniach elektronicznych opartych o architekturę zero-jedynkową, przez co możliwe jest przetwarzanie rejestrowanych sygnałów
- Proces konwersji polega na uproszczeniu sygnału analogowego do postaci sygnału dyskretnego, co oznacza zamianę wartości ciągłych na ich odpowiedniki w postaci skokowej

Podczas pracy przetwornika A/C można wyróżnić 3 główne etapy:

- Próbkowanie
- Kwantyzacja
- Kodowanie

Dodatkowo, w czasie działania przetwornika odbywa się proces **filtracji**. Sprowadza się do wykonania pewnych operacji na zbiorze próbek wejściowych sąsiadujących z bieżącą próbką, a niekiedy także z wykorzystaniem pewnej ilości poprzednich próbek sygnału wyjściowego.

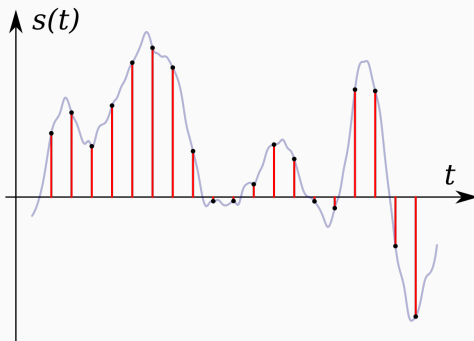
Przetwornik analogowo-cyfrowy iii



Rysunek 1: Poziomy napięcia a poziom kwantyzacji [9].

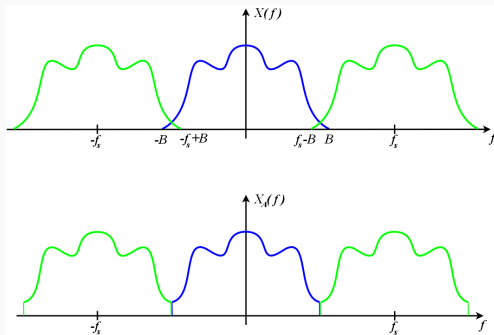
Próbkowanie – proces, w którym z sygnału ciągłego pobierane są wartości w konkretnych momentach czasu, co pozwala na reprezentację sygnału analogowego za pomocą ciągu dyskretnych próbek

- Sygnał powinien być próbkowany z częstotliwością minimum 2 razy większą, niż maksymalna częstotliwość sygnału w celu uzyskania wiarygodnego odwzorowania (prawo Nyquista-Shannona)
- Próbkowanie powinno odbywać się równych odstępach czasu



Rysunek 2: Próbkowanie sygnału [1].

Próbkowanie iii

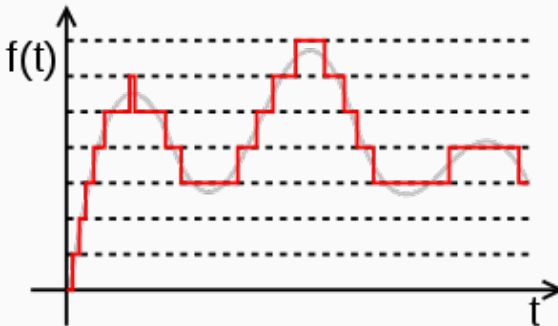


Rysunek 3: Widmo sygnału dyskretnego i zjawisko aliasingu [8].

Kwantyzacja (dyskretyzacja) – proces, w którym zarejestrowanym próbkom przypisywana jest odpowiednia wartość dyskretna

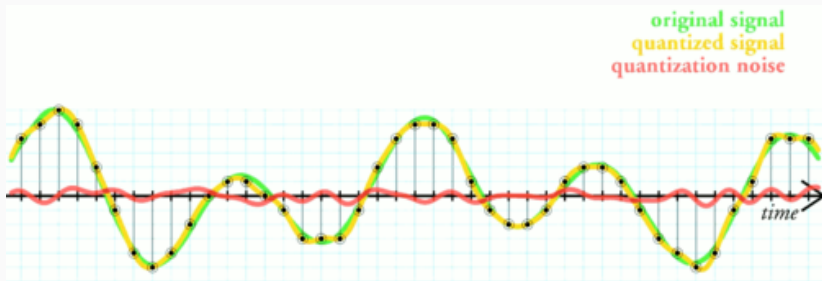
- Przypisana wartość dyskretna dla danej próbki zależy od ustalonego poziomu kwantyzacji
- Im więcej poziomów kwantyzacji, tym lepsze odwzorowanie sygnału wejściowego

Kwantyzacja ii

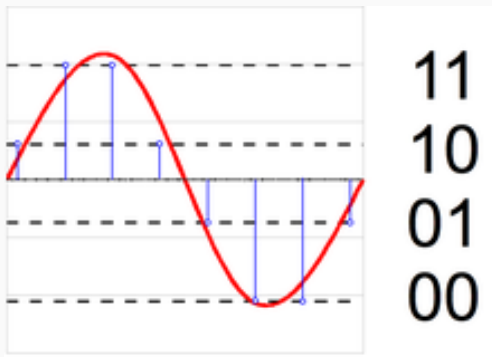


Rysunek 4: Kwantyzacja sygnału [2].

Kwantyzacja iii

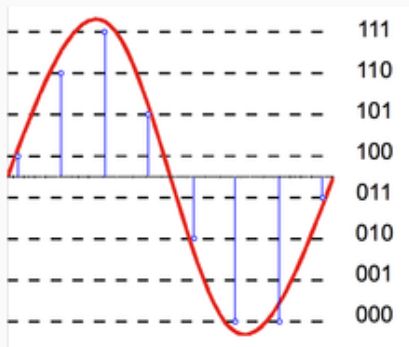


Rysunek 5: Kwantyzacja sygnału [6].



Rysunek 6: Kwantyzator 2-bitowy [6].

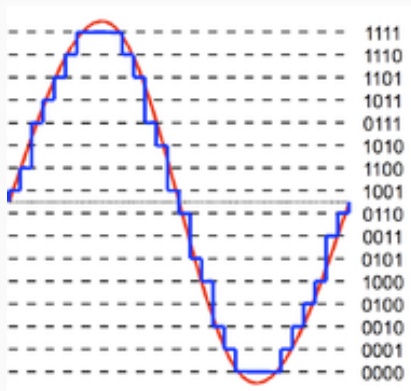
Kwantyzacja v



Rysunek 7: Kwantyzator 3-bitowy [6].

Kodowanie – proces, w którym do przydzielonych poziomów kwantyzacji próbek przypisywane są ich odpowiedniki bitowe, reprezentujące te próbki. Sposób kodowania zależy od przyjętego poziomu kwantyzacji

- 2 bitowe (00, 01, 10, 11)
- 3 bitowe (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111)
- Im większa reprezentacja bitowa, tym mniejszy szum kwantyzacji



Rysunek 8: Kodowanie sygnału dyskretnego [3].

Schemat przebiegu konwersji A/C i

Schemat przebiegu działań realizowanych przez przetwornik analogowo-cyfrowy

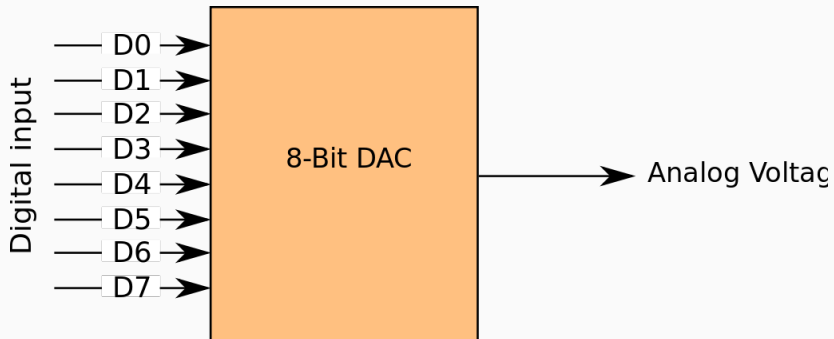


Rysunek 9: Działanie przetwornika A/C.

Przetwornik cyfrowo-analogowy

- Przetwornik cyfrowo-analogowy (C/A) to przyrząd elektroniczny pozwalający na przetwarzanie sygnału cyfrowego (sygnału binarnego) na sygnał analogowy. Posiada m wejść i jedno wyjście.
- Inna nazwa, którą określa się przetworniki C/A to DAC (Digital to Analog Converter)

Przetwornik cyfrowo-analogowy ii



Rysunek 10: Przetwornik C/A [7].

Przetworniki cyfrowo-analogowe można rozróżnić ze względu na sposób pracy obwodów wejściowych

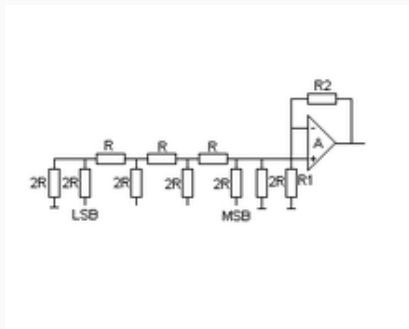
- Równoległe – bity sygnału są doprowadzane jednocześnie
- Szeregowe – sygnał wyjściowy jest wytwarzany dopiero po sekwencyjnym przyjęciu wszystkich bitów wejściowych

Budowa przetwornika C/A

- Rejestr stanu – może być zintegrowanym zespołem przełączników
- Zespół przełączników elektronicznych – sterowane sygnałami cyfrowymi
- Sieć rezystorów
- Źródło napięcia

Przetwornik cyfrowo-analogowy v

Budowa przykładowego przetwornika cyfrowo-analogowego



Rysunek 11: Budowa przetwornika A/C [4].

Parametry przetworników C/A

- Błąd skalowania
- Szybkość przetwarzania
- Czas ustalania
- Zakłócenia przy przełączaniu
- Skala dynamiki
- Maksymalna częstotliwość próbkowania
- Szybkość zmian napięcia wejściowego

Zastosowania

- Sprzęt audio
- Odtwarzacze CD
- Konsole do gier
- Urządzenia mobilne
- Komputery osobiste
- Telefony komórkowe

Źródła

- 1 - https://pl.wikipedia.org/wiki/Cz%C4%99stotliwo%C5%9B%C4%87_pr%C3%B3bkowania
- 2 - https://pl.wikipedia.org/wiki/Przetwornik_cyfrowo-analogowy
- 3 - https://pl.wikipedia.org/wiki/Sygna%C5%82_analogowy
- 4 - https://pl.wikipedia.org/wiki/Przetwornik_cyfrowo-analogowy
- 5 - [https://en.wikipedia.org/wiki/Sampling_\(signal_processing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Sampling_(signal_processing))
- 6 - [https://en.wikipedia.org/wiki/Quantization_\(signal_processing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Quantization_(signal_processing))
- 7 - https://en.wikipedia.org/wiki/Digital-to-analog_converter
- 8 - https://pl.wikipedia.org/wiki/Twierdzenie_o_pr%C3%B3bkowaniu
- 9 - https://en.wikipedia.org/wiki/Analog-to-digital_converter

Dziękuję za uwagę 😊



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Reprezentacja sygnałów radiowych w dziedzinie częstotliwości

Project: Innovative Open Source Courses for Computer Science

30.05.2021

Spis treści

Podstawowe definicje

Modulacja w telekomunikacji

Demodulacja w telekomunikacji

Modulacja analogowa

Modulacja cyfrowa

Modulacja ASK

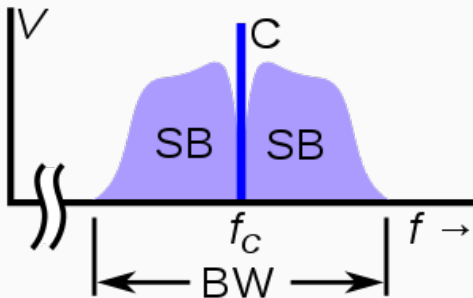
Modulacja FSK

Modulacja PSK

Podstawowe definicje

- **Fala nośna** - fala elektromagnetyczna o stałej częstotliwości, wytwarzana przez nadajnik fal elektromagnetycznych
- **Modulacja** - losowa lub celowa zmiana parametrów sygnału w celu dopasowania sygnału do postawionych wymagań
- **Demodulacja** - to wyodrębnienie oryginalnego sygnału niosącego informację z fali nośnej

Podstawowe definicje ii



Rysunek 1: Fala nośna sygnału [8].

- **Widmo sygnału** – zestaw składowych częstotliwościowych sygnału znanych jako harmoniczne. Widmo sygnału przedstawiane jest w dziedzinie częstotliwości
- Reprezentacja częstotliwościowa sygnału

$$x(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft) \quad (1)$$

Dyskretna Transformata Fouriera

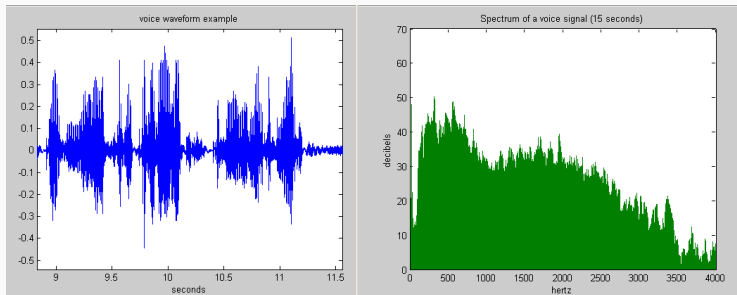
$$A_k = \sum_{n=0}^{N-1} a_n w_N^{-kn}, 0 \leq k \leq N-1, \quad (2)$$
$$w_N = e^{i \frac{2\pi}{N}}$$

- i - jednostka urojona
- k - numer składowej harmonicznej
- n - numer próbki sygnału
- a_n - wartość próbki sygnału
- N - liczba próbek

Reprezentacja graficzna sygnału w dziedzinie częstotliwościowej może być przedstawiona za pomocą pokazanego wykresu

- Wartości na osi X to wartości częstotliwości sygnału
- Wartości na osi Y reprezentują amplitudę sygnału dla danej częstotliwości

Podstawowe definicje vi



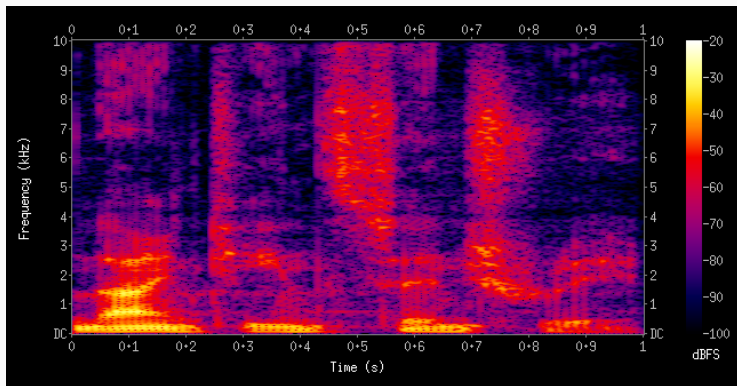
Rysunek 2: Widmo częstotliwościowe sygnału mowy [9].

- **Modulator** – układ elektroniczny realizujący proces modulacji, pracuje w oparciu o wybraną metodę modulacji odpowiedzialną za modyfikację transportowanej informacji
- Posiada dwa wejścia:
 - Sygnał informacyjny
 - Sygnał nośny

- **Demodulator** – najczęściej w postaci układu elektronicznego, programu komputerowego lub radia programowalnego, jego zadaniem jest odzyskanie zawartości informacyjnej z modulowanej fali nośnej, posiada zaimplementowane rozwiązania demodulujące w dopasowaniu o komplementarny do niego modulator

- **Spektrogram** - to wizualna reprezentacja widma częstotliwości sygnału, który zmienia się w czasie. W przypadku zastosowania do sygnału audio, spektrogramy są czasami nazywane sonografami. Kiedy dane są reprezentowane na wykresie 3D, mogą być nazywane wodospadami.
- Są również szeroko stosowane w dziedzinie muzyki, lingwistyki, sonaru, radaru, przetwarzania mowy, czy sejsmologii. Spektrogramy dźwięku mogą być używane do identyfikacji fonetycznej słów mówionych oraz do analizy różnych nawoływań zwierząt.

Podstawowe definicje x

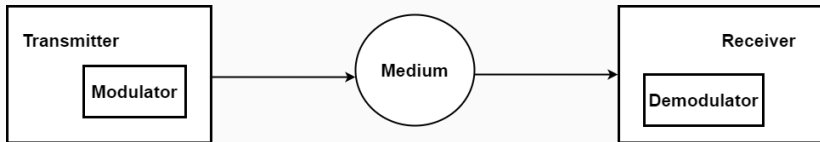


Rysunek 3: Spektrogram [5].

Modulacja w telekomunikacji

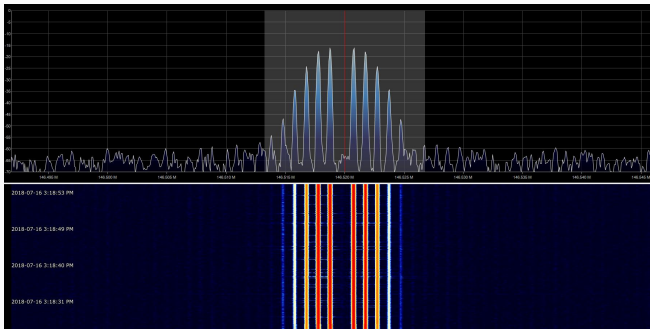
- Modulacja jest elementem niezbędnym w trakcie transmisji sygnału ze względu na używane media transmisyjne
- Ograniczenia fizyczne powodują, że informacja może zostać przekłamana na skutek występowania zakłóceń zewnętrznych
- Transportowany sygnał musi być dostarczony w takiej postaci, by informacje w nim zawarte mogły być wydzielone w poprawny sposób

Przebieg transmisji w telekomunikacji



Rysunek 4: Telekomunikacja z wykorzystaniem modulacji

Modulacja w telekomunikacji iii



Rysunek 5: Przykładowy przebieg modulacji [1].

Demodulacja w telekomunikacji

- Demodulacja to proces odwrotny do procesu modulacji. Demodulator odtwarza sygnał modulujący z przebiegu zmodulowanego.
- W trakcie tego procesu z pierwotnego sygnału wydobywane są informacje z fali nośnej
- Ze względu na zróżnicowane metody modulacji, istnieje wiele typów demodulatorów

Sygnał wyjściowy z demodulatora może przyjmować postać

- Dźwięku
- Obrazu
- Danych binarnych

Modulacja analogowa

Modulacja analogowa odnosi się do procesu przenoszenia analogowego sygnału pasma podstawowego (niskiej częstotliwości), takiego jak sygnał audio lub telewizyjny na sygnał o wyższej częstotliwości, taki jak pasmo częstotliwości radiowej.

Proces modulacji wykorzystywany jest w celu dopasowania wartości parametrów sygnału w taki sposób, by wysyłana informacja mogła zostać przetransportowana przez dane medium posiadające określone wymagania co do postaci transportowanego sygnału

Wyróżnić można również 3 podstawowe modulacje analogowe

- Modulacja amplitudy AM - wpływamy na zmianę wielkości amplitudy sygnału modulowanego
- Modulacja częstotliwości FM - zmieniamy częstotliwość sygnału modulowanego
- Modulacja fazy PM - wpływamy na fazę (przesunięcie) sygnału modulowanego

Modulacja cyfrowa

- Modulacja cyfrowa – to proces zmiany sygnału nośnego w postaci analogowej na sygnał do postaci binarnej dającej się łatwo przestać przez medium transmisyjne
- Proces modulacji cyfrowej nazywany jest inaczej operacją kluczowania

Wyróżniamy 3 bazowe operacje modulacji cyfrowych

- Modulacja ASK – (Amplitude Shift Keying) – modyfikacja amplitudy sygnału
- Modulacja FSK – (Frequency Shift Keying) – modyfikacja częstotliwości sygnału
- Modulacja PSK – (Phase Shift Keying) – modyfikacja fazy sygnału

Kluczowanie amplitudy

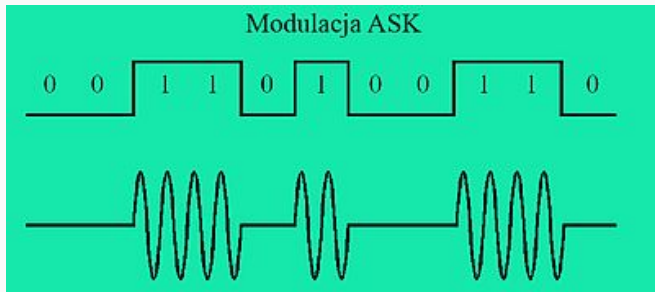
- Polega na zmianie amplitudy sygnału nośnego w zależności od cyfrowego sygnału modulującego
- Cechą charakterystyczną jest to, że dzięki cyfrowemu sygnałowi w czasie trwania stanu wysokiego występuje pełna amplituda sygnału zmodulowanego. Natomiast w stanie niskim amplituda ta jest zmniejszona

$$z_A(t) = \begin{cases} A_1 \cdot \sin(2\pi \cdot f_n \cdot t) & \text{dla } b[n] = 0 \\ A_2 \cdot \sin(2\pi \cdot f_n \cdot t) & \text{dla } b[n] = 1 \end{cases} \quad (3)$$

- $n = 0, \dots, B - 1$
- B - liczba bitów sygnału

Modulacja ASK iii

Reprezentacja graficzna sygnału modulowanego przy pomocy modulacji ASK



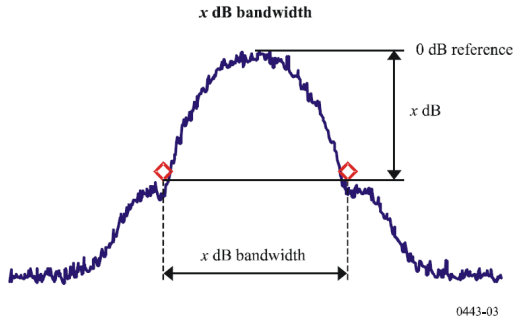
Rysunek 6: Przebieg sygnału przed i po modulacji ASK [2].

Kluczowanie częstotliwości

- Polega na przypisywaniu odpowiedniej częstotliwości sygnału nośnego każdemu z dwóch stanów sygnału modulującego
- Wyróżnia się stałą amplitudą chwilową niezależną od sygnału modulującego
- Jest odporna na zakłócenia impulsowe, zniekształcenia tłumieniowe i opóźnieniowe, przez co jest bardziej atrakcyjna do wykorzystania niż modulacja ASK

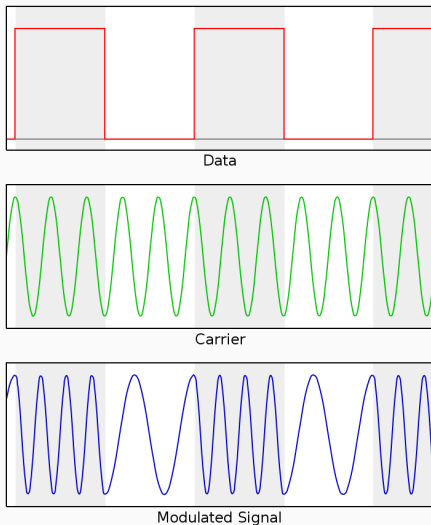
$$z_F(t) = \begin{cases} \sin(2\pi \cdot f_{n1} \cdot t) & \text{dla } b[n] = 0 \\ \sin(2\pi \cdot f_{n2} \cdot t) & \text{dla } b[n] = 1 \end{cases} \quad (4)$$

- $n = 0, \dots, B - 1$
- B - liczba bitów sygnału



Rysunek 7: Przebieg częstotliwościowy sygnału [3].

Modulacja FSK iv



Rysunek 8: Przebieg kluczowania częstotliwości [4].

Kluczowanie fazy

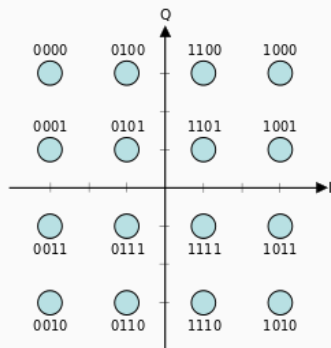
- Polega na przesunięciu fali nośnej sygnału w zależności od stanu informacji pierwotnej
- Zachowana jest stała amplituda i częstotliwość sygnału modulowanego
- Rzadko stosowana w systemach cyfrowych
- Realizacja sprzętowa modulacji FSK jest prostsza

$$z_p(t) = \begin{cases} \sin(2\pi \cdot f_n \cdot t) & \text{dla } b[n] = 0 \\ \sin(2\pi \cdot f_n \cdot t + \pi) & \text{dla } b[n] = 1 \end{cases} \quad (5)$$

- $n = 0, \dots, B - 1$
- B - liczba bitów sygnału

Modulacja PSK iii

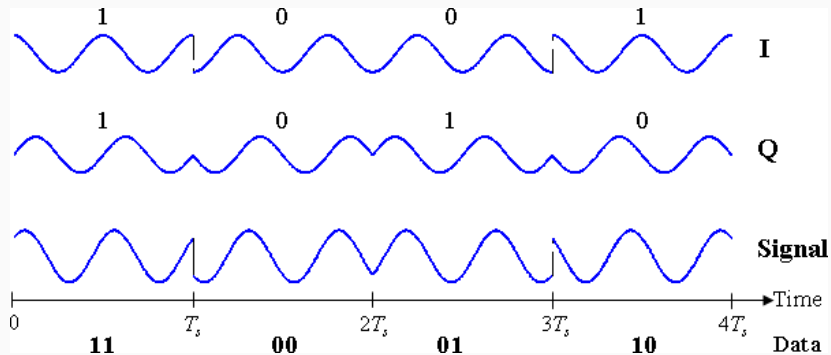
Diagram konstelacji



Rysunek 9: Diagram konstelacji [10].

Reprezentacja graficzna sygnału modulowanego przy pomocy modulacji PSK

Modulacja PSK v



Rysunek 10: Przebieg kluczowania QPSK [6].

Źródła

- 1 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Modulation>
- 2 - <https://pl.wikipedia.org/wiki/ASK>
- 3 - Bandwidth measurement at monitoring stations, ITU-R
- 4 - https://en.wikipedia.org/wiki/Frequency-shift_keying
- 5 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Spectrogram>
- 6 - https://en.wikipedia.org/wiki/Phase-shift_keying
- 7 - https://en.wikipedia.org/wiki/Amplitude-shift_keying
- 8 - https://en.wikipedia.org/wiki/Carrier_wave
- 9 - https://en.wikipedia.org/wiki/Spectral_density#Explanation
- 10 - https://en.wikipedia.org/wiki/Constellation_diagram

Dziękuję za uwagę 😊



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Właściwości bezprzewodowych kanałów transmisyjnych

Project: Innovative Open Source Courses for Computer
Science

30.05.2021

Spis treści

Podstawowe definicje

Fale radiowe

Standardy w sieciach bezprzewodowych

Zakłócenia sygnału

Sieci bezprzewodowe

- Technologia Wi-Fi

- Bezpieczeństwo sieci Wi-Fi

- Technologia Bluetooth

- Zastosowania transmisji bezprzewodowej

- Zalety sieci bezprzewodowej

- Wady sieci bezprzewodowej

Podstawowe definicje

- **Transmisja** - proces przesyłania dowolnej wiadomości, lub ogólnie danych, między nadawcą a odbiorcą zapisanej określonym, zrozumiałym dla obu stron kodem i po określonej drodze
- **Transmisja bezprzewodowa** - transmisja z wykorzystaniem bezprzewodowych metod komunikacji pomiędzy stronami oddalonymi od siebie o znaczną odległość, przeprowadzana w czasie rzeczywistym

- **Medium przewodowe** – medium transmisyjne, w którym do przesyłania sygnału wykorzystano fizyczny element łączący odbiorcę z nadawcą
- **Medium bezprzewodowe** – medium transmisyjne przesyłające informacje pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem bez użycia fizycznego medium

- **Fala elektromagnetyczna** - przewidziana przez J.C Maxwella w 1834 roku, natomiast odkryte zostały przez Heinricha Hertza w 1887 roku
 - Jest falą płaską, poprzeczną, rozchodzącą się prostopadle do drgań pól elektrycznego i magnetycznego
 - rozchodzi się z prędkością $3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$
- **Fale elektromagnetyczne** - obszary wykorzystania
 - w zakresie podczerwieni
 - w zakresie fal radiowych

Fale radiowe

- Źródła fal radiowych mogą być zarówno naturalne jak i sztuczne, np. emitowane przez stacje nadawcze telefonii komórkowej
- Głównym celem jest przenoszenie informacji
- W telekomunikacji wykorzystywane do transmisji danych
- Wyróżnić można kilka rodzajów fal radiowych
- Do transmisji danych wykorzystywane są fale ultrakrótkie, krótkie, średnie i długie

Standardy w sieciach bezprowadowych

Standardy w sieciach bezprzewodowych i

- **IEEE 802.11** - podgrupa standardów IEEE 802
- Opisuje warstwę fizyczną i podwarstwę fizyczną MAC bezprzewodowych sieci lokalnych
- Obejmuje 4 niezależne protokoły skupiające się na kodowaniu
- 802.11 stanowią podstawę certyfikatów sieci Wi-Fi

Standardy w sieciach bezprzewodowych ii

Standard	Częstotliwość	Maksymalna przepustowość
802.11a	5 GHz	54 Mb/s
802.11b	2.4 GHz	11 Mb/s
802.11g	2.4 GHz	54 Mb/s
802.11n	2.4 GHz, 5 GHz	150 Mb/s, 600 Mb/s
802.11ac	5 GHz	do kilku Gb/s

Tabela 1: Tabela z danymi opisującymi standardy bezprzewodowe

Zakłócenia sygnału

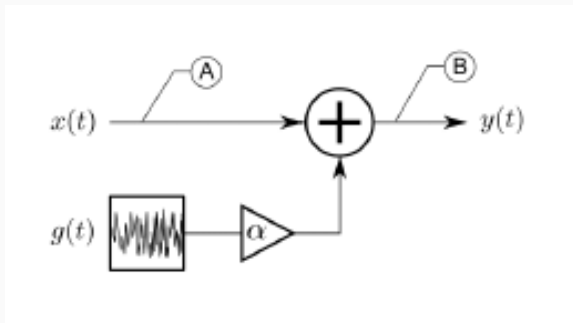
Zakłócenia sygnału i

W trakcie transmisji informacji pomiędzy nadawcą i odbiorcą, sygnał narażony jest na działanie czynników zewnętrznych, które mogą powodować powstawanie błędów transmisji

- Interferencja międzysymbolowe
- Tłumienność
- Kanały AWG - z szumem o rozkładzie Gaussa
- Opóźnienia
- Szum
- Przekłamanie bitów
- Utrata części informacji

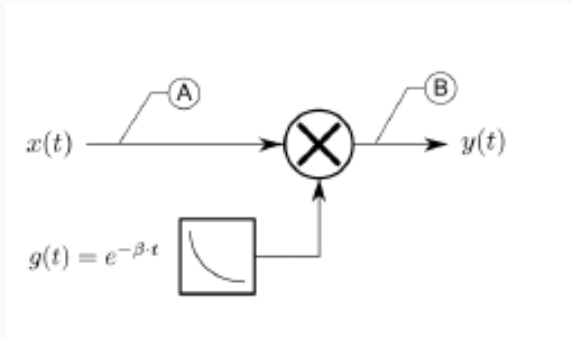
- Dodatkowo stosuje się kody korekcyjne i detekcyjne w celu znajdowania i zapobiegania przekłamaniu wysyłanej wiadomości

Zakłócenia sygnału iii



Rysunek 1: Model zakłócenia z szumem addytywnym [1].

Zakłócenia sygnału iv



Rysunek 2: Model tłumienia sygnału [1].

- **Bitowa stopa błędu** - Bit error rate
- Określana jako $BER = \frac{E}{N}$
- gdzie
 - E - liczba bitów odebranych błędnie
 - N - liczba przestanych bitów

Sieci bezprzewodowe

- Sieci PAN – Personal Area Network – na odległości do 10 metrów
 - Przykładem może być wykorzystywanie technologii Bluetooth
- Sieci WLAN – Wireless Local Area Network – w zakresie do 100 metrów w otwartej przestrzeni
 - Przykładem może być standard IEEE 802.11a/b/g/n
- Sieci WWAN – Wireless Wide Area Network – w zakresie nawet do 5 kilometrów
 - Systemy sieci telefonii komórkowej GSM, GPRS, EDGE

- LTE - Long Term Evolution - standard przesyłu danych będący następcą systemów 3G. Większa prędkość transmisji, zmniejszenie opóźnień, zwiększenie efektywności i zmniejszenie kosztów transmisji
- 5G - technologia mobilna piątej generacji, następcza 4G. Stawiane znacznie większe wymagania co do szybkości transmisji, czy zmniejszenia ilości błędów

Polega na bezprzewodowej łączności w dwóch wykorzystywanych zakresach częstotliwości

- 2.4 GHz
- 5 GHz

Dokładna częstotliwość stosowana w określonej sieci bezprzewodowej zależy od wykorzystywanego kanału transmisyjnego

- W USA używa się 11 kanałów
- W Polsce 13 kanałów
- W Japonii 14
- Natomiast we Francji tylko 4

Sieci bezprzewodowe narażone są zagrożenia sieciowe. W związku z tym stosowane są narzędzia bezpieczeństwa, które zwiększają skuteczność obrony przed przeprowadzanymi atakami. Najważniejsze mechanizmy bezpieczeństwa w sieciach bezprzewodowych to:

- Identyfikator SSID (Service Set ID) – zapewnia bardzo ograniczoną formę kontroli dostępu, ze względu na konieczność podania tego identyfikatora w trakcie nawiązywania połączenia

Bezpieczeństwo sieci Wi-Fi ii

- Szyfrowanie WEP (Wired Equivalent Privacy) – dostępne w każdym systemie w standardzie Wi-Fi, szyfrowanie bazuje na współdzielonym kluczu szyfrującym
- Standard 802.1x – polega na scentralizowaniu identyfikacji użytkowników, ich uwierzytelnianiu i dynamicznym zarządzaniu kluczami
- Szyfrowanie WPA (Wi-Fi Protected Access) – używa protokołu TKIP w celu automatycznej zmiany klucza szyfrującego po upływie określonego czasu

- Technologia Bluetooth jest globalną inicjatywą zapewniającą bezprzewodowy dostęp radiowy. Został zainicjowany przez takich producentów sprzętu jak: IBM, Intel, Nokia, Toshiba, Ericsson.
- Rozwiązanie zaproponowano w 1994 roku w Szwecji.

- Bazuje na połączeniach radiowych o ograniczonym zasięgu, między telefonami komórkowymi, komputerami przenośnymi, urządzeniami peryferyjnymi i audiowizualnymi
- Możliwa jest komunikacja między różnymi urządzeniami przenośnymi z przepływnością do 1 Mb/s

- W miejscach, gdzie nie ma możliwości położenia okablowania, sieć bezprzewodowa często okazuje się niezastąpiona.
- Zdarzają się również sytuacje, gdzie obecnie istniejąca sieć przewodowa nie może być poszerzona o dodatkowe połączenia. Wtedy jedynym rozwiązaniem może być zastosowanie transmisji bezprzewodowej

- Informatyzacja obiektów zabytkowych
 - Ze względu na brak możliwości ingerencji w strukturę i wystrój budowli, brak możliwości położenia przewodowego medium transmisyjnego
- Biznes
 - Szczególnie w miejscach, które wykorzystywane są tymczasowo na czas organizacji różnego rodzaju eventów, konferencji, wydarzeń plenerowych

- Przemysł
 - Wygodne ze względu na brak konieczności dodatkowego okablowania zakładów produkcyjnych
 - Wiąże się to jednak z koniecznością zapewnienia większej niezawodności i stabilności systemu transmisyjnego

Zalety sieci bezprzewodowej i

Sieci bezprzewodowe są chętnie stosowane ze względu na:

- Niski koszt
- Szybkość instalacji
- Łatwość rozbudowy
- Brak ingerencji w infrastrukturę
- Możliwość łączności z dowolnego miejsca

Wady sieci bezprzewodowej i

Jednakże stosowanie sieci bezprzewodowych ma również swoje wady:

- Wolniejszy przesył danych niż w medium przewodowego
- Mniejsze bezpieczeństwo
 - Konieczność zapewnienia dodatkowych zabezpieczeń, co zmniejsza prędkość transmisji
- Konieczność rezerwacji odpowiedniego pasma
- Bardziej podatne na zakłócenia
- Szybkość transmisji zależy od odległości między komunikującymi się urządzeniami

Źródła

- 1 - https://git.wi.zut.edu.pl/kakit/materialy_publiczne/raw/branch/master/transmisja_danych/laboratoria/td-instrukcja-7.pdf

Dziękuję za uwagę 😊



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Zasady procesu modulacji

Project: Innovative Open Source Courses for Computer
Science

30.05.2021

Podstawowe definicje

Tor komunikacyjny

Modulacje kwadraturowe

Modulacja QPSK

Modulacja QAM

Podstawowe definicje

Podstawowe definicje i

- **Szybkość modulacji** - określa maksymalną liczbę zmian momentów lub stanów charakterystycznych w czasie 1 sekundy
 - wyrażany w bodach (baud)
 - $1 \text{ bod} = 1 \frac{b}{s}$ - tylko w sygnałach telegraficznych
 - przeważnie $1 \text{ bod} \neq 1b_s$
- **Szybkość transmisji** - liczba przesyłanych bitów w czasie 1 sekundy przy danej stopie błędu
- Baud rate a Bit rate
 - Baud rate określa szybkość modulacji
 - Bit rate określa szybkość transmisji

- **Modulacja** – proces zmiany parametrów sygnału (amplitudy, częstotliwości, fazy) w celu dopasowania jego właściwości do wykorzystywanego medium transmisyjnego
- **Modulacja w telekomunikacji** – proces zmiany parametrów fali nośnej umożliwiający przesyłanie informacji
- **Demodulacja** – proces odwrotny do modulacji, odtworzenie sygnału modulującego z przebiegu zmodulowanego

- **Diagram konstelacji** - reprezentacja graficzna modulacji PSK, QAM lub CAP
 - Punkty konstelacyjne definiują odległość od punktu współrzędnych
- **Podstawowe parametry w sygnale**
 - Amplituda
 - Częstotliwość
 - Faza

Rodzaje modulacji

- Analogowa
 - AM – modulacja amplitudy
 - FM – modulacja częstotliwości
 - PM – modulacja fazy
- Cyfrowa
 - ASK – kluczkowanie amplitudy
 - FSK – kluczkowanie częstotliwości
 - PSK – kluczkowanie fazy

Tor komunikacyjny

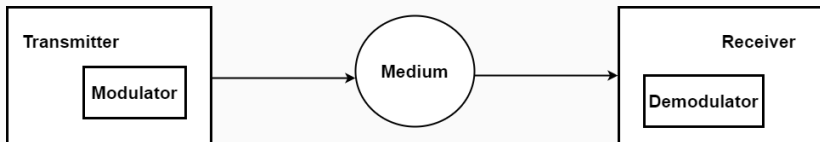
Tor komunikacyjny sygnału modulowanego

W celu umożliwienia wykorzystania metod modulacji w trakcie transmisji informacji pomiędzy nadawcą a odbiorcą, po obu stronach muszą znajdować się urządzenia, które będą odpowiedzialne za modyfikację sygnału i za jego odczytywanie. W medium transmisyjnym, sygnał jest transportowany w postaci zmodulowanej.

Tor komunikacyjny ii

Po stronie nadawcy znajduje się **modulator**, który dopasowuje parametry sygnału do kanału transmisyjnego.

Po stronie odbiorcy znajduje się **demodulator**, który odtwarza sygnał pierwotny.



Rysunek 1: Przebieg sygnału w kanale transmisyjnym.

Modulacje kwadraturowe

- **Modulacja QPSK** (Quadrature Phase Shift Keying) – jest to zmodyfikowana metoda modulacji fazowej
- Polega na kodowaniu transmitowanego sygnału za pomocą 2 bitów oraz reprezentowaniu go na 4 ortogonalnych przesunięciach fazy

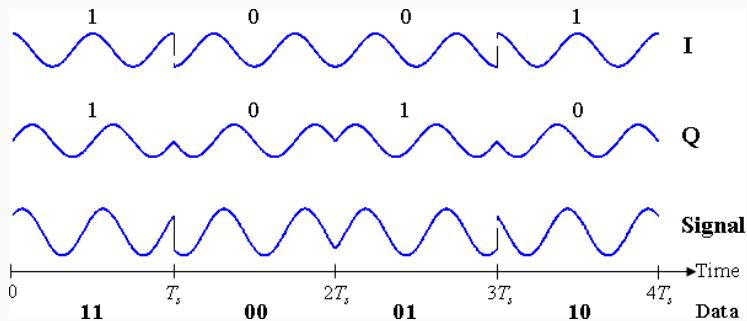
Najczęstsze stosowane podejście w modulacji QPSK obejmuje zdefiniowanie następujących wartości dla przesunięć fazy:

- Bity: 00 – 45°
- Bity: 01 – 135°
- Bity: 10 – 225°
- Bity: 11 – 315°

- Główną zaletą tej modulacji jest możliwość reprezentacji fazy sygnału za pomocą wartości odległych od siebie o 90°
- Dodatkowo reprezentacja za pomocą 2 bitów pozwala na dokładniejsze odwzorowanie sygnału

Modulacja QPSK iv

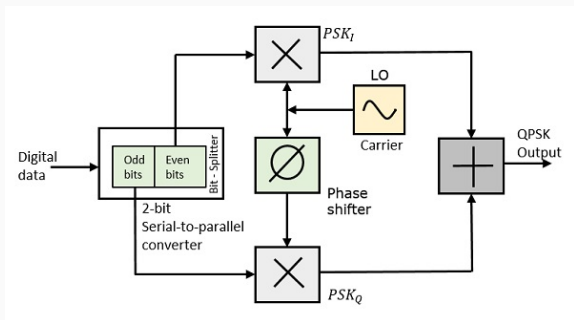
Diagram QPSK dla 2-bitowego poziomu kwantyzacji



Rysunek 2: Diagram QPSK [3].

Modulacja QPSK v

Budowa modulatora QPSK

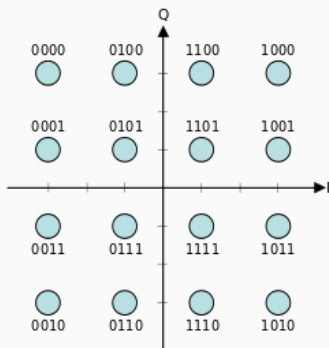


Rysunek 3: Modulator QPSK [2].

- **Modulacja QAM** (Quadrature Amplitude Modulation) – kwadraturowa modulacja amplitudowo-fazowa wykorzystywana w procesie modulacji cyfrowej łączy w sobie założenia kluczowania ASK i PSK
- Dane reprezentowane za pomocą ciągu binarnego o określonej długości, które są odpowiednikami opisu zarówno amplitudy jak i fazy
- Diagram konstelacji wykorzystywany do graficznej reprezentacji procesu modulacji i przedstawiania stanów

- Diagram konstelacji dla modulacji 16-QAM
- 16 stanów zapisanych na 4 bitach
- Każdy stan nazywany jest punktem konstelacji
- Stany sąsiadujące generowane na podstawie kodu Greya
 - Sąsiadujące stany różnią się od siebie bitowo tylko na jednej pozycji

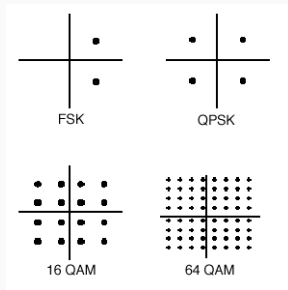
Reprezentacja graficzna diagramu konstelacji dla QAM-16



Rysunek 4: Diagram konstelacji [1].

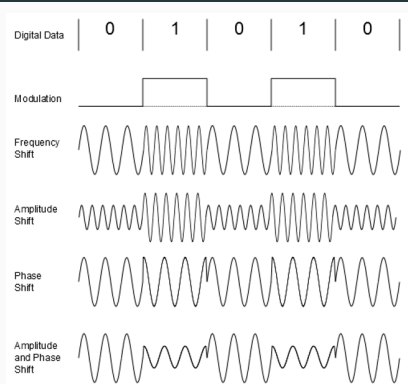
Modulacja QAM iv

Porównanie diagramów konstelacji dla modulacji FSK, QPSK, 16 QAM i 64 QAM



Rysunek 5: Diagramy konstelacji [5].

Modulacja QAM v



Rysunek 6: Przebiegi różnych modulacji cyfrowych [4].

Źródła

- 1 - https://pl.wikipedia.org/wiki/Diagram_konstelacji
- 2 - https://www.tutorialspoint.com/digital_communication/digital_communication_quadrature_phase_shift_keying.htm
- 3 - https://en.wikipedia.org/wiki/Phase-shift_keying
- 4 - <https://www.5gtechnologyworld.com/digital-modulation-basics-part-1/>
- 5 - <https://questtel.com/wiki/qam-constellation>

Dziękuję za uwagę 😊



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Modulacje cyfrowe

Project: Innovative Open Source Courses for Computer
Science

30.05.2021

Podstawowe definicje

Modulacje cyfrowe

Modulacja ASK

Modulacja FSK

Modulacja PSK

Modulacja MSK

Modulacja GMSK

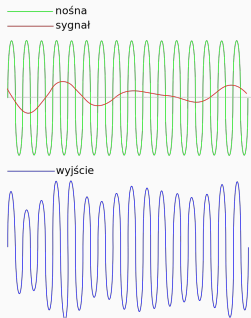
Podstawowe definicje

- **Modulacja** – proces zmiany parametrów sygnału
- **Modulacja cyfrowa** – proces zmiany analogowego sygnału nośnego przez binarny sygnał modulujący, dający się łatwo przesłać przez medium transmisyjne
- Rodzaje modulacji cyfrowych:
 - **ASK** – Kluczowanie amplitudowe
 - **FSK** – Kluczowanie częstotliwościowe
 - **PSK** – Kluczowanie fazowe
 - Pozostałe: np. QAM, PCM

- **Sygnal modulowany** – sygnał poddawany modulacji
- **Sygnal modulujący** – sygnał w postaci binarnej określający zasady modulacji
- **Sygnal zmodulowany** – sygnał odpowiadający sygnałowi modulowanemu, lecz po procesie modulacji

Podstawowe definicje iii

Reprezentacja graficzna sygnału modulowanego, modulującego i zmodulowanego



Rysunek 1: Przykład modulacji amplitudowej [2].

Modulacje cyfrowe

Modulacja ASK i

- **Modulacja ASK** (Amplitude Shift Keying) – polega na zmianie amplitudy fali nośnej w sygnale modulowanym
- Sygnał ASK można zapisać przy użyciu poniższego wzoru

$$\varphi_{ASK} = \frac{1}{2}A_0[1 + x(t)] \cos \omega_0 t \quad (1)$$

- lub

$$\varphi_{ASK}(t) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x(t) = -1 \\ A_0 \cos \omega_0 t & \text{dla } x(t) = 1 \end{cases} \quad (2)$$

- gdzie
 - $x(t)$ - zerojedynkowy przebieg kluczujący
 - ω_0 - pulsacja fali nośnej

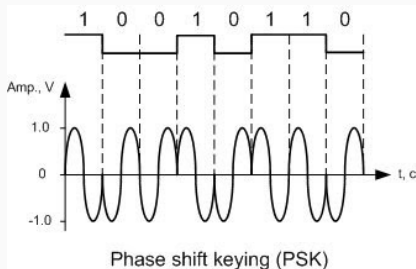
- **Modulacja FSK** (Frequency Shift Keying) – polega na zmianie częstotliwości fali nośnej w modulowanym sygnale przy stałej amplitudzie
- Do wyznaczenia kodu modulacyjnego wykorzystany może zostać poniższy wzór

$$\varphi_{FSK} = \begin{cases} A_0 \cos \omega_1 t & \text{dla } x_n = 1 \\ A_0 \cos \omega_2 t & \text{dla } x_n = 0 \end{cases} \quad (3)$$

- gdzie
 - ω_1, ω_2 - częstotliwości znamienne
 - A_0 - amplituda sygnału nośnego

Modulacja PSK i

Modulacja PSK (Phase Shift Keying) – rodzaj modulacji cyfrowej, polegającej na zmianie fazy fali nośnej sygnału modulowanego



Rysunek 2: Przebieg modulacji PSK [3].

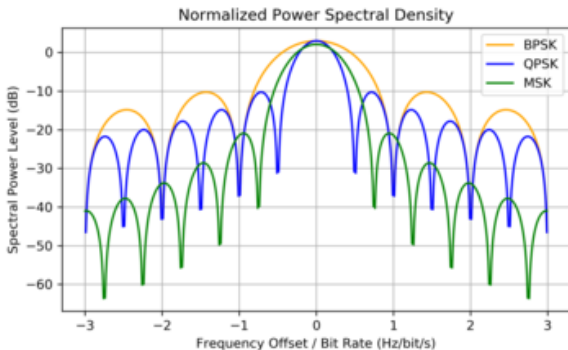
- **Modulacja MSK** (Minimum Shift Keying) – odmiana modulacji FSK
- Charakteryzuje się dobrymi właściwościami energetycznymi oraz brakiem skoków fazy w zmodulowanym sygnale
- Przez brak skoków fazy możliwe jest znaczne ograniczenie pasma częstotliwości zajmowanego przez sygnał

Wzór ogólny sygnału zmodulowanego można wyrazić za pomocą

$$S(t) = A \cos [\omega_0 t + \phi(t)] \quad (4)$$

- Faza początkowa jest zawsze równa fazie końcowej poprzedniego okresu
- W modulacji MSK używa się dwóch częstotliwości nośnych dla bitu 0 i 1
- Przy oznaczeniu częstotliwości kluczowania jako f :
 - $f_0 = \frac{3}{4} f$
 - $f_1 = \frac{5}{4} f$

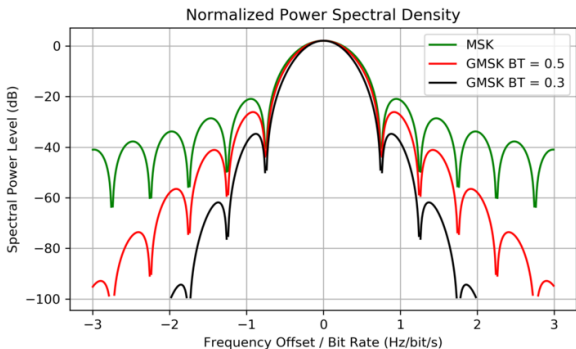
Modulacja MSK iv



Rysunek 3: Diagram MSK [1].

- **Modulacja GMSK** (Gaussian Minimum Shift Keying) – minimalnofazowa z filtrem Gaussowskim
- Jest to modyfikacja kluczowania częstotliwościowego oraz MSK
- Impuls prostokątny zastąpiony jest impulsem sinusoidalnym, ze względu na mniejsze wstęgi boczne i węższe pasmo w porównaniu do impulsu prostokątnego
- Głównym zastosowaniem tej modulacji jest system telefonii komórkowej GSM

- Pasma systemu definiuje zależność pomiędzy szerokością pracy B filtra Gaussowskiego, a okresem T
- Im mniejsza wartość współczynnika BT, tym węższe widmo sygnału. Jednak pojawiać może się większa liczba błędów zarejestrowanych w przesyłanym sygnale
- W systemie GSM wykorzystano wartość współczynnika $BT = 0.3$



Rysunek 4: Porównanie diagramów GMSK [1].

Źródła

- 1 - https://en.wikipedia.org/wiki/Minimum-shift_keying
- 2 - <https://pl.wikipedia.org/wiki/Modulacja>
- 3 - https://www.tmatlantic.com/encyclopedia/index.php?ELEMENT_ID=10478

Dziękuję za uwagę 😊



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Systemy rozpraszania widma

Project: Innovative Open Source Courses for Computer
Science

30.05.2021

Podstawowe definicje

Rozpraszanie widma sygnału

Historia techniki rozpraszania widma sygnału

Spread Spectrum Systems

- System DSSS

- System FHSS

- System THSS

Podstawowe definicje

- **Widmo sygnału** – reprezentacja sygnału w dziedzinie częstotliwości, otrzymanej za pomocą transformaty Fourier'a
- **Rozpraszanie widma sygnału** – metoda polegająca na poszerzaniu pasma sygnału poprzez zastosowanie procesu rozpraszania

- Zastosowaniem rozpraszania widma sygnału jest głównie umożliwienie pracy wielu użytkownikom podczas korzystania z tego samego pasma
- Stosowane jest głównie w standardzie Wi-Fi, sieciach Bluetooth oraz w sieciach ZigBee (sieci czujników i automatyka budynkowa)

Metody rozpraszania widma:

- CM (Chirp Modulation) – przemiatanie częstotliwości
- FH (Frequency Hopping) – rozpraszanie przez skakanie po częstotliwościach
- TM (Time Hopping) - rozpraszanie przez skakanie w czasie
- DS (Direct Sequence) – rozpraszanie przez kluczkowanie bezpośrednie

Zalety wykorzystania rozpraszania widma:

- Zwiększona efektywność wykorzystania pasma
- Możliwość zabezpieczenia danych przed przejęciem informacji
- Wyższa odporność na zakłócenia

Rozpraszanie widma sygnału

Bazując na twierdzeniu Shanonna-Hartleya o przepustowości kanału telekomunikacyjnego

- C – przepustowość (bit/s)

$$C = B \cdot \log_2(1 + S/N) \quad (1)$$

- B – szerokość kanału (Hz)
- S/N – stosunek mocy sygnału do mocy szumów oraz zakłóceń

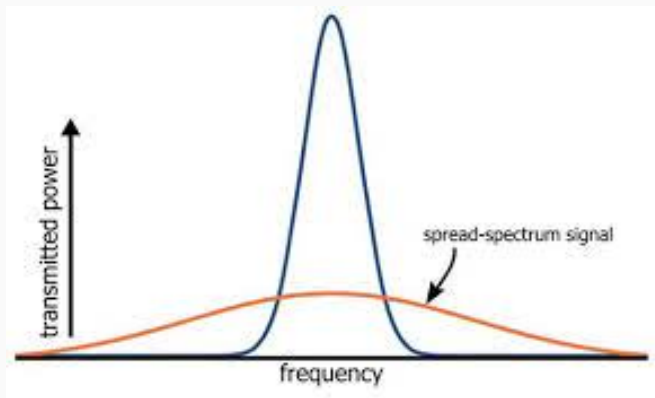
oraz zależności opisujących wymagane szerokości kanału do uzyskania założonej przepustowości

$$B = C / \log_2(1 + S/N) \quad (2)$$

wynika, że im mniejszy będzie stosunek mocy sygnału do mocy szumów i zakłóceń w kanale, tym szersze pasmo musi on zajmować.

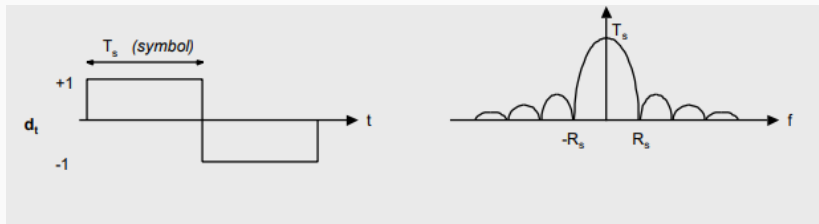
W związku z tym, by wykorzystywane jest rozpraszanie widma sygnału, które na celu ma przekształcenie wąskopasmowego sygnału informacyjnego w sygnał o widmie kilkukrotnie szerszym

Rozpraszanie widma sygnału iv



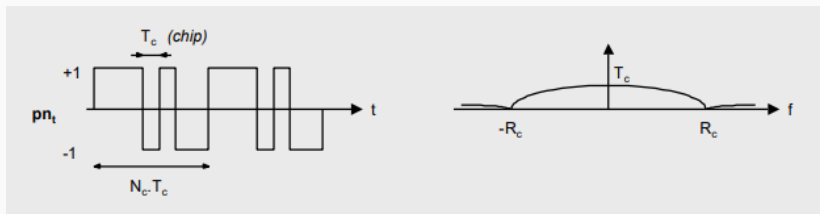
Rysunek 1: Rozproszone widmo sygnału [1].

Rozpraszanie widma sygnału v



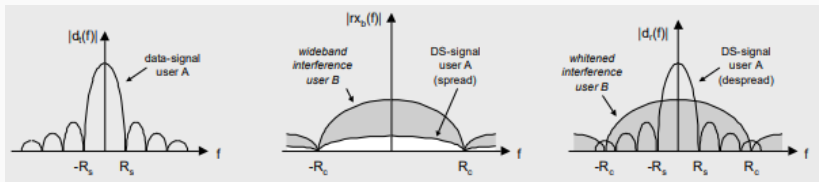
Rysunek 2: Widmo sygnału [2].

Rozpraszanie widma sygnału vi



Rysunek 3: Rozproszone widmo sygnału [2].

Rozpraszanie widma sygnału vii



Rysunek 4: Rozproszone widmo sygnału z zakłóceniami [2].

Rozpraszanie widma w telekomunikacji

- Widmo rozproszone wykorzystuje sekwencyjną strukturę sygnału podobną do szumu do rozprowadzania wąskopasmowego sygnału informacyjnego w stosunkowo szerokopasmowym paśmie częstotliwości radiowej
- Odbiornik koreluje odebrane sygnały w celu odzyskania pierwotnej postaci sygnału informacyjnego

- Pierwotne wykorzystanie obejmowało
 - Działania mające na celu przeciwstawienie się próbom zakłócenia komunikacji przez wrogów
 - Działania mające na celu ukrycie faktu zaistnienia komunikacji pomiędzy stronami

Historia techniki rozpraszania widma sygnału

- Techniki te znane są od lat 40 XX wieku
- Pierwsze próby eksperymentowania z odbiorem wyselekcjonowanych częstotliwości przy minimalizacji zakłóceń podjęte były przez Guglielmo Marconiego w 1899 roku
- Początkowo wykorzystywano je wyłącznie w systemach łączności wojskowych

Historia techniki rozpraszania widma sygnału ii

- W trakcie trwania II wojny światowej, aktorka Hedy Lamarr i kompozytor George Antheil opracowali system naprowadzania radiowego do użytku w torpedach alianckich, który okazał się odporny na zakłócenia
- Obecnie systemy te są wykorzystywane głównie w sieciach Wi-Fi i sieciach Bluetooth, gdzie ich zadaniem jest minimalizacja występowania zakłóceń w celu zwiększenia niezawodności transmisji

Spread Spectrum Systems

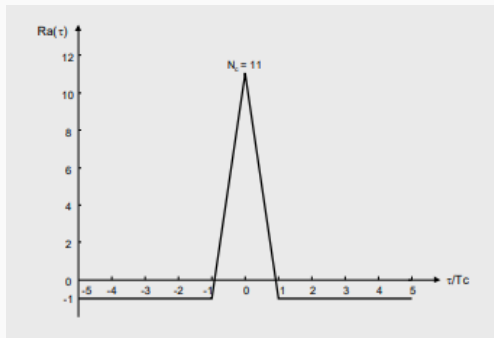
- **DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum** – polega na bezpośredniej modulacji nośnej sekwencji kodowej przy pomocy ciągów rozpraszających
- Jest techniką modulacji widma rozproszonego stosowaną głównie do redukcji ogólnych zakłóceń sygnału
- Wykorzystanie bezpośredniej frekwencji sprawia, że przesyłany sygnał jest szerszy pod względem szerokości pasma niż szerokość pasma informacji
- Po rozproszeniu lub usunięciu modulacji w odbiorniku, początkowa szerokość pasma jest przywracana, jednak niezamierzone i celowe zakłócenia są znacznie zmniejszone

- Wykorzystanie systemu DSSS w układzie szeregowym polega na porównywaniu wyjścia bloku korelatora z zadaną wartością progową. Jeżeli wartość ta jest mniejsza, generator ciągu pseudolosowego jest odpowiednio regulowany. W innym przypadku faza strojenia jest zakończona. Wadą tego rozwiązania jest długi czas regulacji.
- W układach o konfiguracji równoległej wykorzystuje się większą ilość korelatorów. Dzięki temu równocześnie przeprowadzać można wiele porównań, przez co proces dostrajania jest znacząco szybszy. Jednak wadą tego rozwiązania jest wysoki koszt oraz większa złożoność odbiornika.

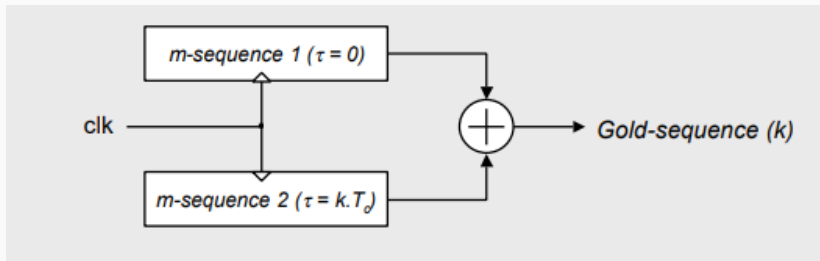
Wykorzystywane ciągi rozpraszające:

- Ciągi Golda
- Ciągi Barkera
- Ciągi pseudolosowe

Oczekuje się, by generowane ciągi były ortogonalne i posiadały dobre właściwości korelacyjne i statystyczne.



Rysunek 5: Przebieg ciągu Barkera [2].

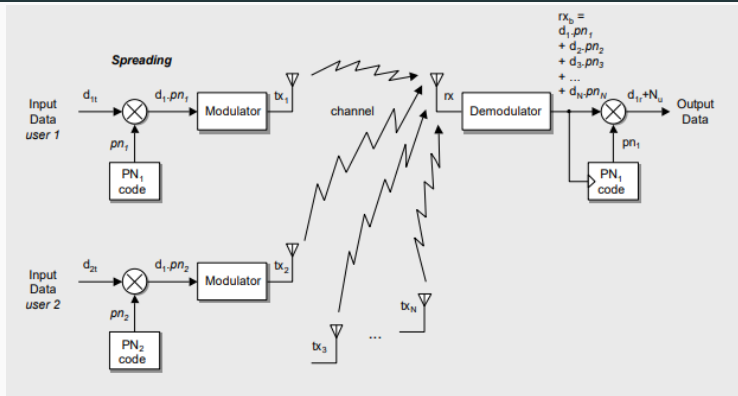


Rysunek 6: Schemat budowy generatora ciągu Golda [2].

- FHSS – Frequency-Hopping Spread Spectrum – metoda rozpraszania widma w systemach szerokopasmowych polegająca na „skakaniu” po częstotliwościach sygnału w zadanych odstępach czasu w zakresie dostępnego widma
- Wyróżniane są dwie podstawowe odmiany:
 - Slow FHSS – trwanie bitu jest krótsze niż czas przebywania na danej częstotliwości
 - Fast FHSS – zmiana częstotliwości kilkakrotnie w trakcie trwania bitu

- „Skakanie” oznacza szybką zmianę częstotliwości nośnej wśród wielu różnych częstotliwości zajmujących duże pasmo widmowe.
- Wykorzystywany w celu uniknięcia zakłóceń, zapobiegania podsłuchiowaniu oraz umożliwienia komunikacji z wielokrotnym dostępem z podziałem kodowym (CDMA).

System FHSS iii



Rysunek 7: Schemat działania CDMA [2].

- W paśmie częstotliwości dostępnych jest wiele mniejszych podpasm. Sygnały w krótkich odstępach czasu „skaczą” po częstotliwościach nośnych między częstotliwościami środkowymi tych podpasm w ustalonej kolejności.
- Pojawiające się zakłócenia o określonej częstotliwości będą miały wpływ tylko na sygnał w krótkich odstępach czasu.

- Główne zalety zastosowania w porównaniu z transmisją o stałej częstotliwości:
 - Wysoce odporne na zakłócenia wąskopasmowe
 - Trudne do przechwycenia, gdy wzór przeskoku nie jest znany
 - Mogą współdzielić pasmo częstotliwości z wieloma typami transmisji

Zastosowania

- Wojskowe
 - Zagłuszanie nadawanych sygnałów
 - Radiotelefony wojskowe są odpowiedzialne za generowanie wzorca przeskoku częstotliwości pod kontrolą tajnego klucza bezpieczeństwa transmisji, a nadawca i odbiorca współdzielą go z wyprzedzeniem
- Cywilne
 - W odbiornikach sterowanych radiowo
 - W wybranych modelach sterowanych modelach samochodów, dronów
 - W radarach policyjnych

- **THSS – Time-Hopping Spread Spectrum** – technika stosowana w rozpraszaniu widma sygnału stosowana w celu osiągnięcia niskiego prawdopodobieństwa zakłóceń
- W celu osiągnięcia małej szansy na zakłócenia w sygnale, czas transmisji jest losowo zmieniany poprzez zmianę okresu i cyklu impulsu nośnej za pomocą sekwencji pseudolosowej
- Dzięki temu, przesyłany sygnał będzie miał nieciągły czas rozpoczęcia i zakończenia

Źródła

- 1 - <https://www.allaboutcircuits.com/textbook/radio-frequency-analysis-design/selected-topics/understanding-spread-spectrum-rf-communication/>
- 2 - http://www.sss-mag.com/pdf/Ss_jme_denayer_intro_print.pdf

Dziękuję za uwagę 😊



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Radio programowalne

Project: Innovative Open Source Courses for Computer
Science

30.05.2021

Spis treści

Podstawowe definicje

Zasada działania SDR

Oprogramowanie

GNU Radio

Zalety radia programowalnego

Wady radia programowalnego

Zastosowania

Podstawowe definicje

Historia

- Termin "radio programowe" został wymyślony w 1984 roku w odniesieniu do cyfrowego odbiornika szerokopasmowego
- Zapewniło programowalne tłumienie zakłóceń i demodulacji dla sygnałów szerokopasmowych przy wykorzystaniu tysięcy filtrów adaptacyjnych
- W 1991 roku Joe Mitola niezależnie wymyślił na nowo termin radio programowe dla planu budowy stacji bazowej GSM, która łączyłaby cyfrowy odbiornik z cyfrowo sterowanymi zagłuszcaczami komunikacyjnymi

- **Radio programowalne (SDR – Software-Defined Radio)** – inaczej nazywany radiowym odbiornikiem cyfrowym - jest to system komunikacji radiowej, gdzie działanie podstawowych elementów elektronicznych realizowane jest za pomocą programu komputerowego
- Idea programowalnego radia istniała już spory okres czasu, lecz brak możliwości efektywnych realizacji sprzętowych powodowała zastój w praktycznych sposobach wykorzystania tego systemu

- Podstawowa realizacja radia programowalnego obejmuje:
 - Komputer wyposażony w kartę dźwiękową lub inny przetwornik A/C
 - Układ elektroniczny odbierający zmodulowany sygnał wysokiej częstotliwości
- Sygnał z odbiornika przenoszony jest do niższego pasma, które znajduje się w zakresie przetwarzania karty dźwiękowej lub przetwornika A/C

- Proces przetwarzania sygnału wykonywany jest głównie przez procesor ogólnego przeznaczenia
- Odbiornik jest w stanie obsługiwać różne typy transmisji radiowych poprzez zmianę programu przetwarzającego sygnał

Zasada działania SDR

- Komunikacja RF odbywa się za pomocą oprogramowania lub firmware, w celu realizacji zadań przetwarzania sygnału, które są normalnie przetwarzane przez sprzęt.
- Ten sprzęt obejmuje miksery, filtry, wzmacniacze, modulatory, demodulatory, itp.
- Dlatego też SDR wykorzystuje jedynie ADC i DAC do konwersji sygnału analogowego na cyfrowy i cyfrowego na analogowy wraz z antenami, bez konieczności stosowania wielu komponentów sprzętowych.

- To z kolei sprawia, że SDR jest bardzo elastyczny i ułatwia rozwiązywanie problemów w przypadku ich pojawienia się, ponieważ większość przetwarzania odbywa się w oprogramowaniu, a nie w sprzęcie.
- Oprogramowanie może być uruchamiane zarówno na komputerze osobistym, jak i na systemie wbudowanym.



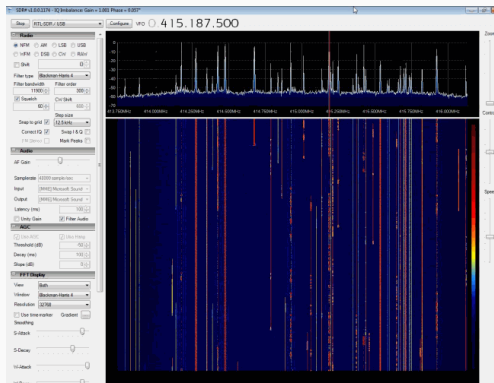
Rysunek 1: Przykładowy odbiornik SDR [2].

Oprogramowanie

- Oprogramowanie jest kluczowym elementem w radiu programowalnym.
- Jednym z popularniejszych pakietów oferujących możliwość programowania układów SDR jest pakietu GNU Radio.
- GNU Radio jest otwartym oprogramowaniem, które zezwala zarówno na projektowanie jak i uruchamianie systemów SDR oraz obserwowanie ich działania.

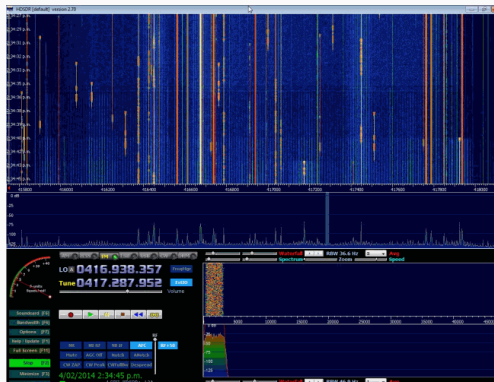
- Oprócz wymienionego rozwiązania, możliwe do wykorzystania są jeszcze takie oprogramowania jak:
 - SDR
 - HDSDR
 - SDR-RADIO.com V2/V3
 - SDR++
 - GQRX

Oprogramowanie iii



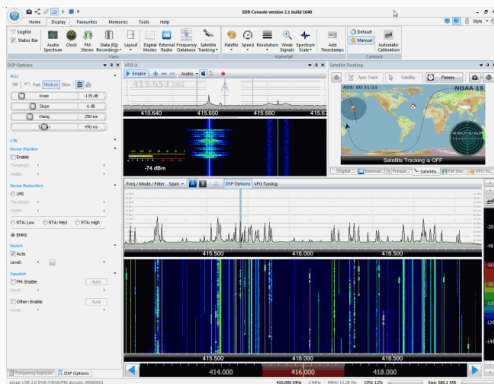
Rysunek 2: SDR [1].

Oprogramowanie iv

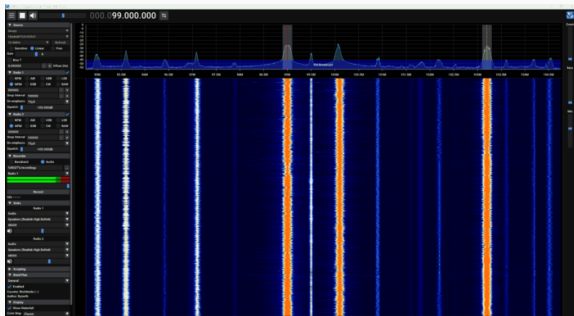


Rysunek 3: HDSDR [1].

Oprogramowanie v

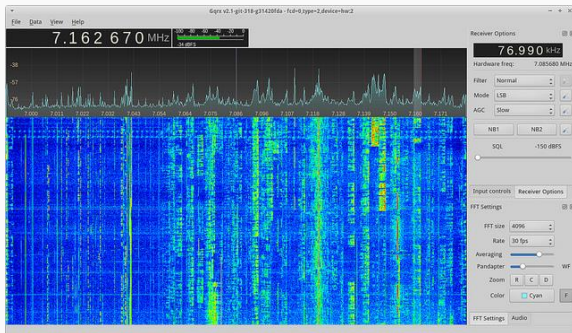


Rysunek 4: SDR-RADIO.com V2/V3 [1].



Rysunek 5: SDR++ [1].

Oprogramowanie vii



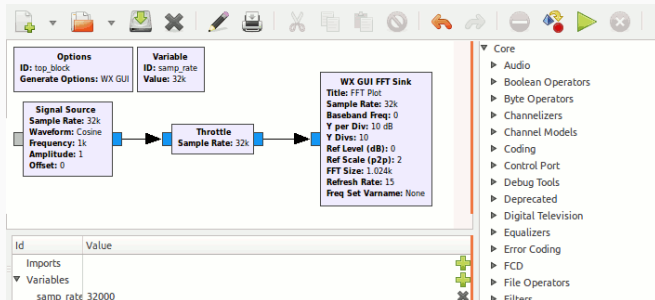
Rysunek 6: GQRX [1].

GNU Radio

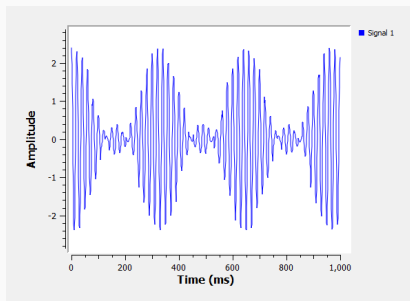
- GNU Radio posiada interfejs graficzny, który umożliwia projektowanie oraz modelowanie operacji wymaganych podczas przetwarzania sygnałów.
- Możliwym jest także wygenerowanie kodu w języku Python
- Stanowi alternatywę dla programów takich jak Matlab oraz LabView

- Oprogramowanie jest typu „open source” więc bez ograniczeń licencyjnych można z niego korzystać jak również wzbogacać go w nowe komponenty
- Wykorzystanie systemów opartych o GNU Radio:
 - Czytniki RFID
 - Odbiorniki sygnałów SSR (Secondary Surveillance Radar) do kontroli ruchu lotniczego
 - Budowa odbiorników i nadajników transmisji radiowej





Rysunek 7: Wygląd komponentów



Rysunek 8: Przebieg przykładowego sygnału układu

Zalety radia programowalnego

Zalety radia programowalnego i

- Możliwość osiągnięcia bardzo wysokiego poziomu wydajności
- Możliwość zmiany wydajności poprzez aktualizację oprogramowania (jednak nie będzie możliwa aktualizacja atrybutów zależnych od sprzętu)
- Możliwość rekonfiguracji radiotelefonów poprzez aktualizację oprogramowania
- Możliwość wykorzystania tej samej platformy sprzętowej dla kilku różnych radiotelefonów

Wady radia programowalnego

- Przetworniki ADC ograniczają najwyższe częstotliwości, które mogą być wykorzystywane przez sekcję cyfrową
- Do rozwoju SDR wymagane są zarówno umiejętności sprzętowe jak i programowe

Zastosowania

- Systemy SDR odgrywają istotną rolę w miejscach, gdzie liczy się szybkość działania oraz elastyczność dopasowania używanych rozwiązań do najnowszych technik
- Są również pożądane w obszarach techniki, gdzie wymagana jest łatwa zmiana sposobu nadawania sygnału
- Wyróżnić można dwie główne kategorie SDR:
 - Systemy stworzone jako odbiorniki SDR
 - Systemy stworzone jako nadajniki SDR

Obszary zastosowań:

- Telefonia komórkowa
- Komunikacja wojskowa
- Odbieranie audycji radiowych
- Radioastronomia
- Śledzenie statków poprzez transmisje AIS
- Śledzenie samolotów za pomocą transmisji S Mode

Źródła

- 1 - <https://www.rtl-sdr.com/big-list-rtl-sdr-supported-software/>
- 2 - https://en.wikipedia.org/wiki/Software-defined_radio

Dziękuję za uwagę 😊



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Wprowadzenie do systemów bezprzewodowych

Project: Innovative Open Source Courses for Computer
Science

30.05.2021

Spis treści

Podstawowe definicje

Transmisja danych

Tor komunikacyjny

Fale radiowe

- Właściwości fal radiowych

- Zastosowania fal radiowych

Wady i zalety komunikacji bezprzewodowej

Bluetooth

Podstawowe definicje

Sygnał

Sygnał może być reprezentowany w dwóch dziedzinach

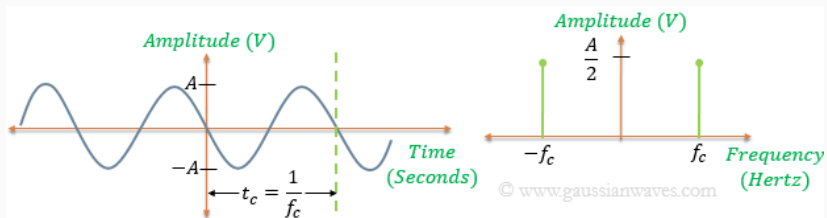
- Dziedzina czasu

$$f(t) = A \sin(\omega t + \theta) \quad (1)$$

- Dziedzina częstotliwości

$$x(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft) \quad (2)$$

Podstawowe definicje ii



Rysunek 1: Sygnał w dziedzinie częstotliwości [5].

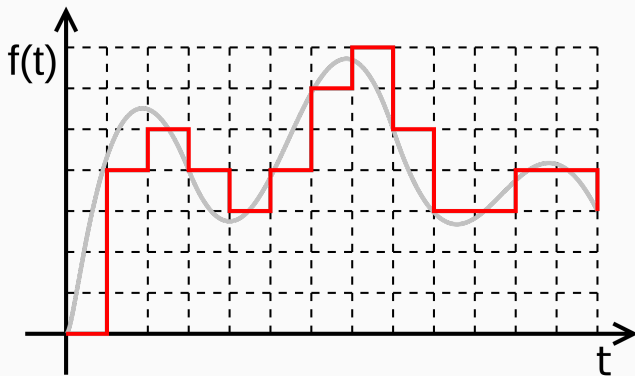
- **Źródło** - generuje wiadomość, którą może być głos ludzki, obraz telewizyjny czy dźwięk z głośników. Źródło jest przekształcane przez przetwornik wejściowy w postaci fali elektromagnetycznej zwanej sygnałem pasma podstawowego lub sygnałem informacyjnym
- **Nadajnik** - modyfikuje sygnał pasma podstawowego w celu efektywnej transmisji. Zazwyczaj składa się z jednego lub więcej podsystemów: samplera, kwantyzatora, kodera i modulatora

- **Kanał** - jest to medium, przez które przesyłany jest sygnał wyjściowy z nadajnika. Może to być przewód, kabel koncentryczny, światłowód, łącze radiowe itp. Ze względu na rodzaj kanału, nowoczesne systemy komunikacyjne są podzielone na dwie kategorie: systemy komunikacji przewodowej i systemy komunikacji bezprzewodowej.
- **Odbiornik** - ponownie przetwarza sygnał otrzymany z kanału poprzez cofnięcie modyfikacji sygnału dokonanych w nadajniku i kanale. Zadaniem odbiornika jest wyodrębnienie wiadomości z zniekształconego i zaszumionego sygnału na wyjściu kanału. Odbiornik może składać się z demodulatora, dekodera, czy filtra

Wiadomości mogą być reprezentowane jako

- **Analogowe** - charakteryzują się danymi, których wartości zmieniają się w ciągłym zakresie. Na przykład, przebieg mowy ma amplitudę, która zmienia się w ciągłym zakresie. Obraz jest również komunikatem analogowym.
- **Cyfrowe** - są zbudowane z ograniczonej liczby symboli. Na przykład, plik tekstowy jest cyfrową wiadomością zbudowaną z 80 symboli, składa się z 26 liter, 20 cyfr, spacji i znaków interpunkcyjnych. Analogicznie, telegraficzny kod Morse'a jest wiadomością binarną, zawierającą tylko dwa symbole - znaki i spację.

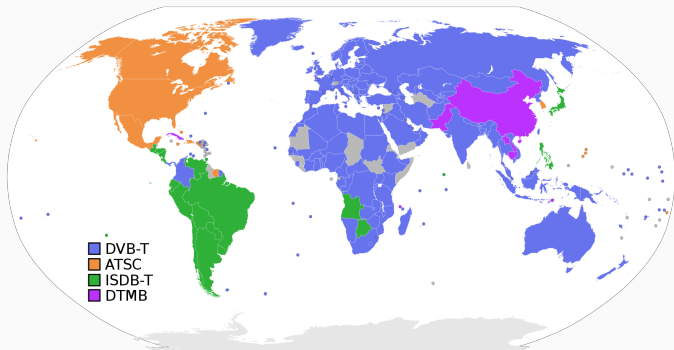
Podstawowe definicje vi



Rysunek 2: Sygnał cyfrowy i analogowy [4].

- **Transmisja** – proces przesyłania danych pomiędzy nadajnikiem, a odbiornikiem za pomocą określonej metody, która jest zrozumiała dla obu stron. Dodatkowo przebiega po ustalonej trasie – w tym przypadku medium transmisyjnym
- **Medium transmisyjne** – nośnik informacji używany do transmisji sygnałów w telekomunikacji. Parametry użytego medium mają wpływ na jego możliwości i zastosowania. Dwie główne grupy to media przewodowe i bezprzewodowe

- **Telekomunikacja** – dziedzina zajmująca się transmisją informacji na odległość, określaniem sposobów przetwarzania i kodowania informacji. Obejmuje również zagadnienia sieci telekomunikacyjnych, propagacje fal radiowych czy sprzętu telekomunikacyjnego



Rysunek 3: Wykorzystywane rodzaje telekomunikacji telewizyjnej na świecie [6].

Transmisja danych

- Kanał komunikacyjny pozwala na transmisję danych pomiędzy dwoma uczestnikami zestawionego połączenia
- Podział medium ze względu na rodzaj wykorzystywanej transmisji:
 - Przewodowe – bazuje na rozwiązaniach oparte o przewody optyczne lub przewody miedziane
 - Bezprzewodowe – do transmisji używa fal radiowych lub świetlnych

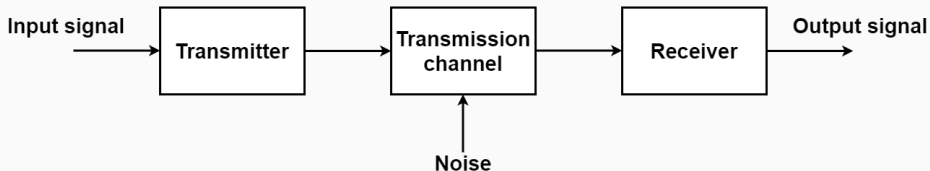
- Transmisję można podzielić ze względu na charakter przesyłania danych:
 - Simplex – w jednym kierunku
 - Half-duplex – dwukierunkowa niejednoczesna
 - Full-duplex – dwukierunkowa jednoczesna

Tor komunikacyjny

- Praca systemu transmisyjnego przebiega przez:
 - Nadajnik - po stronie nadawcy, odpowiedzialny za kodowanie, modulację, wzmocnienie sygnału
 - Fizyczny kanał transmisji
 - Odbiornik – po stronie odbiorcy, odpowiedzialny za wzmocnienie, demodulację i dekodowanie sygnału w celu odtworzenia oryginalnej wiadomości
- Należy pamiętać, że w trakcie przesyłania sygnału, wiadomość jest podatna na zakłócenia pochodzące ze środowiska zewnętrznego wpływającego na zniekształcenia (szumy, zakłócenia)

Tor komunikacyjny ii

Uproszczony schemat toru komunikacyjnego, uwzględniający elementy występujące w transmisji danych



Rysunek 4: Schemat toru komunikacyjnego.

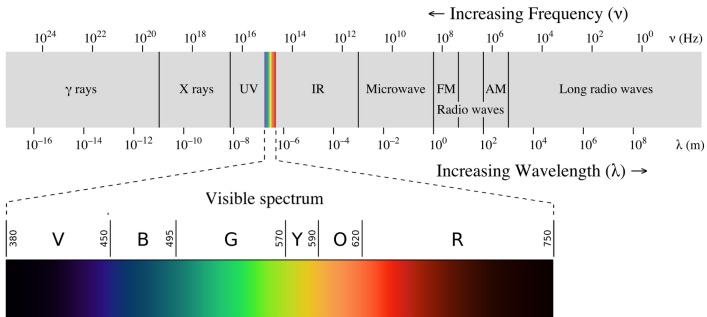
Fale radiowe

- **Fale radiowe** – inaczej fale elektromagnetyczne – zjawisko to polega na rozchodzeniu się zaburzenia pola elektrycznego i skojarzonego z nim pola magnetycznego
- Występowanie fal radiowych można zauważyć w próżni lub w innym ośrodku

Rodzaj	Długość	Częstotliwość
Fale radiowe	30 km	10 kHz
Mikrofale	30 cm	1 GHz
Podczerwień	1 mm	300 GHz
Światło widzialne	750 nm	400 THz
Ultrafiolet	430 nm	700 THz
Rentgen	10 nm	30 PHz
Gamma	10 pm	30 EHz

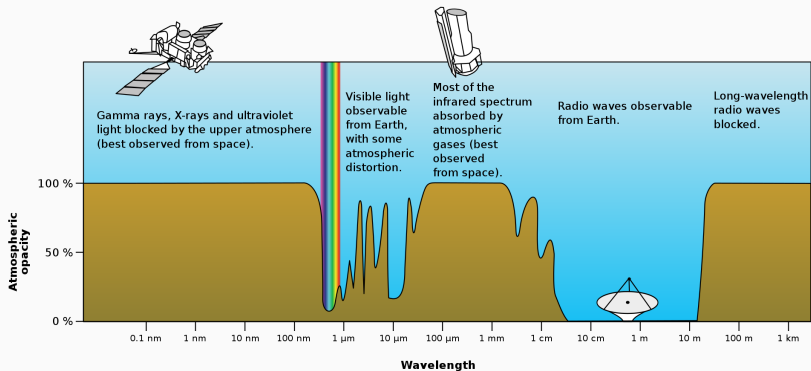
Tabela 1: Częstotliwości fal elektromagnetycznych

Fale radiowe iii



Rysunek 5: Spektrum elektromagnetyczne światła widzialnego [7].

Fale radiowe iv



Rysunek 6: Wykres absorpcji i rozpraszania fal [7].

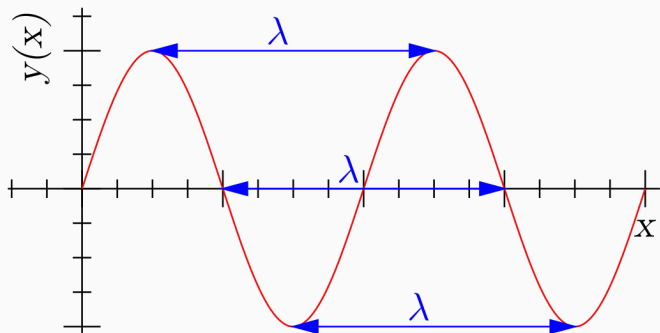
Właściwości fal radiowych i

- **Długość fali** – to minimalna odległość pomiędzy dwoma punktami o tej samej fazie drgań

$$\lambda = c \cdot T \quad (3)$$

- gdzie
 - λ - długość fali [m]
 - c - prędkość światła (299 792 458 $\frac{m}{s}$)
 - T - okres [s]

Właściwości fal radiowych ii



Rysunek 7: Długość fali [1].

- **Częstotliwość fali** – określa liczbę pełnych zmian pola elektrycznego i magnetycznego przypadających na jedną sekundę, jest wyrażana w hercach

$$f = \frac{1}{T} \quad (4)$$

- gdzie
 - f - częstotliwość [Hz]
 - T - okres fali [s]

- **Okres zmienności fali** – czas niezbędny do powrotu tej samej fazy fali

$$T = \frac{1}{f} \quad (5)$$

- gdzie
 - T - okres fali [s]
 - f - częstotliwość [Hz]

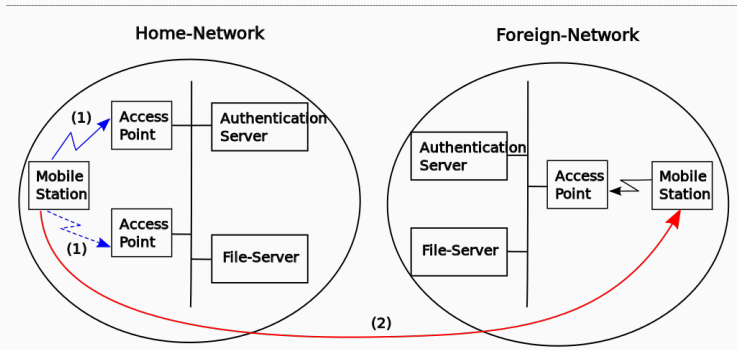
Zastosowania fal radiowych i

- Fale elektromagnetyczne
 - Ultrafiolet
 - Podczerwień
 - Światło widzialne
 - Częstotliwości radiowe
- Fale dźwiękowe
- Sygnały satelitarne
- Komunikacja bezprzewodowa w zakresie częstotliwości od 3 Hz do 3 THz

Transmisja z wykorzystaniem fal radiowych:

- Systemy wbudowane
 - Rozproszone
 - Zbiór niezależnych urządzeń połączonych w jedną logiczną całość
 - Elementami sieci najczęściej są komputery i systemy automatyki
 - Urządzenia wyposażone w oprogramowanie współdzielące zasoby systemowe
 - Połączenie między urządzeniami realizowane za pomocą sieci komputerowych
 - Sterowane zdalnie
 - Systemy RC - Remote Control
 - Działanie bazuje na sterowaniu jednostką z miejsca odległego fizycznie
 - Sterownik i jednostka wykonawcza wyposażone w nadajnik i odbiornik
 - Często wykorzystywane przy zabawkach, dronach, kamerach

- Telefonia komórkowa GSM
- Sieci bezprzewodowe WLAN (Wireless Local Area Network)
- Komunikacja bezprzewodowa krótkiego zasięgu
- Sieci WWAN (Wireless Wide Area Network) – od 100 metrów do kilkunastu kilometrów zasięgu



Rysunek 8: Przesył sygnału w sieciach WLAN [3].

Rodzaje wykorzystywanych częstotliwości

- Mikrofale > 300 MHz
- Ultrakrótkie 30 - 300 MHz
- Krótkie 3 - 30 MHz
- Pośrednie 1.5 - 3 MHz
- Średnie 100 - 1500 kHz
- Długie 15 - 100 kHz
- Bardzo długie < 15 kHz

Pasma	Częstotliwość	Długość fali
ELF	3 - 30 Hz	100,000 - 10,00 km
SLF	30 - 300 Hz	10,000 - 1,000 km
ULF	0.3 - 3 kHz	1,000 - 100 km
VLF	3 - 30 kHz	100 - 10 km
LF	30 - 300 kHz	10 - 1 km
MF	300 - 3000 kHz	1000 - 100 m

Tabela 2: Zależność częstotliwościowa

Pasmo	Częstotliwość	Długość fali
HF	3 - 30 MHz	100 - 10 m
VHF	30 - 300 MHz	10 - 1 m
UHF	300 - 3000 MHz	100 - 10 cm
SHF	3 - 30 GHz	10 - 1 cm
EHF	30 - 300 GHz	10 - 1 mm
THF	0,3 - 3 THz	1 - 0.1 mm

Tabela 3: Zależność częstotliwościowa

Pasma **2.4 GHz** jest wykorzystywane przez wiele urządzeń, jedna z popularniejszych częstotliwości

- Standard Bluetooth
- Sieci Wi-Fi
- Kuchenki mikrofalowe
- Kamery wideo
- Urządzenia monitorujące
- Telefony bezprzewodowe

Wady i zalety komunikacji bezprzewodowej

Wady i zalety komunikacji bezprzewodowej i

Wady:

- Ograniczenia przepustowości ze względu na szerokość pasma
- Podatność na zakłócenia
- Zależność od warunków pogodowych
- Bezpieczeństwo
- Wykorzystywane pasma często są współdzielone

Zalety:

- Elastyczność
- Mobilność
- Brak fizycznego przewodu medium transmisyjnego

Bluetooth

Podczerwień

- Standard obejmuje transmisję danych na odległość < 1 metr
- Trzy rodzaje transmisji
 - AIR – umożliwia połączenie wielodostępowe, szybkość transmisji zależy od odległości przesyłanych danych
 - IrDA-D – standard służący do transmisji danych, dostępne szybkości od 115 kbps do 4Mbps
 - IrDA-C – dwukierunkowy, umożliwia przesyłanie komend sterujących i sygnałów, używany w urządzeniach peryferyjnych

Bluetooth

- Pozwala na bezprzewodowe podłączenie urządzeń peryferyjnych do telefonów komórkowych i komputerów
- Technologia przeznaczona głównie do komunikacji krótkiej
- Niskie koszty produkcji
- Standard opisany w specyfikacji IEEE 802.15.1
- Korzysta z fal radiowych w paśmie częstotliwości ISM 2.4 GHz

Źródła

- 1 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Wavelength>
- 2 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Oscillation>
- 3 - https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_LAN
- 4 - https://pl.wikipedia.org/wiki/Sygna%C5%82_cyfrowy
- 5 - <https://www.gaussianwaves.com/2013/12/computation-of-power-of-a-signal-in-matlab-simulation-and-verification/>
- 6 - <https://en.wikipedia.org/wiki/Telecommunication>
- 7 - https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_radiation

Dziękuję za uwagę 😊